

## Міністерство освіти і науки України

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сумський національний аграрний університет

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Білоруський державний аграрний технічний університет

Туркменський сільськогосподарський університет імені С.А. Ніязова

Харківська філія Українського науково-дослідного інституту прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого



Міжнародна науково-практична конференція  
студентів, аспірантів та молодих вчених

## ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ТА СЕРВІСНА ІНЖЕНЕРІЯ

28-29 травня 2020 року  
Україна, Харків

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
Сумський національний аграрний університет  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Білоруський державний аграрний технічний університет  
Туркменський сільськогосподарський університет імені С.А. Ніязова  
Харківська філія Українського науково-дослідного інституту прогнозування  
та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського  
виробництва імені Леоніда Погорілого

**МАТЕРІАЛИ**  
міжнародної науково-практичної конференції  
студентів, аспірантів та молодих вчених  
«ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ТА СЕРВІСНА ІНЖЕНЕРІЯ»  
28-29 травня 2020 року

Харків 2020

УДК 656  
М 58  
ISBN

Матеріали міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Експлуатаційна та сервісна інженерія». – Харків: ХНТУСГ, 2020. – 289 с.

Матеріали засновані на виступах студентів, аспірантів та молодих вчених на міжнародній студентській науково-практичній конференції «Експлуатаційна та сервісна інженерія». Видання включає сучасні питання технологій та організацій сервісної інженерії машин аграрного виробництва і транспортних засобів, теорії експлуатації машино-тракторного парку, обладнання та устаткування сільського господарства та інноваційні рішення в рамках завдань сервісної інженерії останніх.

Головний редактор: Нанка Олександр Володимирович,  
академік УНАНЕТ, ректор ХНТУСГ

Заступник головного редактора: Сайчук Олександр Васильович,  
доктор технічних наук, доцент,  
директор ННІ ТС ХНТУСГ

Редактор: Калінін Євген Іванович  
доктор технічних наук, доцент,  
завідувач кафедри надійності,  
міцності та технічного сервісу  
машин імені В.Я. Аніловича  
ХНТУСГ

© Харківський національний  
технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка

2020 р.

| Організаційний комітет конференції

- Голова: **Нанка Олександр Володимирович**, ректор Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, академік УНАНЕТ
- Заступник голови: **Сайчук Олександр Васильович**, директор Навчально-наукового інституту технічного сервісу Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, д.т.н., доцент
- Члени комітету: **Калінін Євген Іванович**, завідувач кафедри надійності, міцності та технічного сервісу машин імені В.Я. Аніловича Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, д.т.н., доцент
- Андрій Валентинович Новицький**, завідувач кафедри надійності техніки Національного університету біоресурсів і природокористування України, к.т.н., доцент
- Зубко Владислав Миколайович**, завідувач кафедри тракторів, сільськогосподарських машин та транспортних технологій Сумського національного аграрного університету, к.т.н., доцент
- Тарельник В'ячеслав Борисович**, завідувач кафедри технічного сервісу Сумського національного аграрного університету, д.т.н., професор
- Дирда Віталій Іларіонович**, завідувач кафедри надійності та ремонту машин Дніпровського державного аграрно-економічного університету, д.т.н., професор
- Диха Олександр Володимирович**, завідувач кафедри зносостійкості машин Хмельницького національного університету, д.т.н., професор

**Дмитрів Василь Тарасович**, професор кафедри механіки та автоматизації машинобудування Інституту інженерної механіки та транспорту Національного університету «Львівська політехніка», д.т.н., професор

**Миранович Олексій Валерійович**, декан факультету технічного сервісу в АПК Білоруського державного аграрного університету, к.т.н., доцент

**Лебедев Сергій Анатолійович**, директор Харківської філії Українського науково-дослідного інституту прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого, к.т.н., доцент

**Тарасенко Віктор Євгенович**, завідувач кафедри технології і організації технічного сервісу Білоруського державного аграрного університету, к.т.н., доцент

**Лебедев Анатолій Тихонович**, завідувач кафедри тракторів і автомобілів Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, д.т.н., професор

**Медведев Євген Павлович**, доцент кафедри логістичного управління та безпеки руху на транспорті Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, к.т.н., доцент

**Антощенков Роман Вікторович**, завідувач кафедри мехатроніки та деталей машин Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, д.т.н., доцент

**Артюмов Микола Прокопович**, завідувач кафедри оптимізації технологічних систем імені Т.П. Євсюкова Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, д.т.н., професор

**Козаченко Олексій Васильович**, професор кафедри надійності, міцності та технічного сервісу машин імені В.Я. Аніловича Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, д.т.н., професор

**Скобло Тамара Семенівна**, професор кафедри технологічних систем ремонтного виробництва Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, д.т.н., професор

**Коваль Владислав Романович**, голова студентського комітету Навчально-наукового інституту технічного сервісу Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка

Секція 1

«Аналіз і оцінка рівня діючих  
технологій сервісної інженерії»



## ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МАШИН В ПРОЦЕСІ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Коваль В.Р.

**Науковий консультант:** д.т.н., проф Кухтов В.Г.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Сільськогосподарське виробництво безперервно поповнюється великою кількістю машин різного призначення. Характерною особливістю нових машин, що застосовуються в рільництві, є їх висока енергонасиченість, великі габарити і маса, наявність складних в конструктивному плані гідравлічних, паливних, електричних систем.

Таким чином, сучасні трактори, автомобілі, зернозбиральні та спеціальні комбайни є складними технічними системами, і тільки ефективно управління такими системами, яке виражається в цілеспрямованій і доцільній зміні їх стану, може дати максимальний ефект.

Показники надійності будь-якої машини, як відомо, закладаються при її проектуванні, забезпечуються в процесі виготовлення, а підтримуються в процесі експлуатації.

Якщо розглядати схему системи управління об'єктом відповідно до системи технічного обслуговування і ремонту машинно-тракторного парку, то алгоритмом управління є вся нормативно-технічна документація з технічного обслуговування і ремонту; об'єктом управління – машинно-тракторний парк; середовищем – все навколишнє, яке взаємодіє з МТП в процесі його використання; метою управління – отримання мінімальних питомих витрат на утримання МТП; каналом впливу на об'єкт – директивні розпорядження і ремонтно-обслуговуюча база; каналами інформації о стані середовища і об'єкта – передані в різній формі результати спостережень за станом середовища і машинно-тракторного парку.

Необхідно відзначити, що окремі елементи системи управління досліджені не в однаковій мірі. Зокрема, питання інформації про стан середовища та об'єкта досліджені вкрай недостатньо. Інформація, яка надходить про стан машинно-тракторного парку недостатня за обсягом і часто малодостовірна. А також, недостатньо досліджені в науковому плані питання алгоритму управління.

### Список літератури

1. Курочкин, И. М. Эксплуатация машинно-тракторного парка: учебное пособие / И. М. Курочкин. – Тамбов : ТГТУ, 1996. – 200 с.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТРІЩИН У ЗВАРНИХ З'ЄДНАННЯХ ЧАВУННИХ ДЕТАЛЕЙ

Коленчук В.Д.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Романченко В.М.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Холодні тріщини є найпоширенішим дефектом, який виникає у зварних з'єднаннях та в наплавлених деталях залізобетонних сплавів. Вони належать до технологічних тріщин, тобто таких, що утворюються без прикладання зовнішніх навантажень. Холодні тріщини можуть виникати в різних зонах зварного з'єднання, але найчастіше в ділянці перегріву ЗТДВ та в зоні сплавлення. Утворення холодних тріщин починається з виникнення їхніх джерел на межах колишніх аустенітних зерен. Звичайно довжина джерел не перевищує двох-трьох діаметрів зерен. При цьому руйнування не супроводжується помітним пластичним деформуванням і, практично є крихким. поширення мікро- та макротріщин, які розвиваються з джерела, звичайно має змішаний характер, тобто проходить як по межах, так і по об'єму зерен, і може відбуватися з помітним пластичним деформуванням. Існуючі класифікації холодних тріщин пов'язані з їхнім розміщенням у зварному з'єднанні – паралельно чи перпендикулярно до осі шва, що збігається з напрямом головних компонентів зварювальних напружень.

Основні види холодних тріщин, отримали назви, пов'язані з геометричними параметрами та характером зламу: поздовжні в зоні термічного впливу – «відкол»; кореневі тріщини; підваликові; ламелярні; повздовжні в зоні сплавлення – „відшарування” або „відрив”; поперечні в зоні термічного впливу – «частокіл»; повздовжні та поперечні у шві.

Найпоширенішими з них є повздовжні у зоні термічного впливу. Чинники, які призводять до утворення холодних тріщин, можуть бути різними, залежно від хімічного складу та структури сталі, але структурний чинник є головним з них.

Окрім цього, відповідальними за холодні тріщини є залишкові напруження першого роду, що виникають через нерівномірне нагрівання й охолодження при зварюванні. Певну роль відіграють і напруження другого роду, причиною яких є структурні перетворення аустеніту при охолодженні.

Ще одним чинником, що сприяє утворенню холодних тріщин, є водень, який в атомарному або іонізованому стані може відносно легко переміщатись у зварному з'єднанні. Таким чином, визначальною причиною утворення холодних тріщин при зварюванні чавунних деталей є недостатня для релаксації внутрішніх напружень деформаційна здатність.

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. «Агроосвіта», 2014 – 665 с.

## ОБТИСК НАКОНЕЧНИКІВ РУКАВІВ ІМПУЛЬСНИМ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ

Абалмасов О.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Свіргун О.А.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

У сучасних технологічних процесах все ширше застосовується обробка матеріалів великими потужностями і високою питомою енергією.

Для виділення великої енергії за малий проміжок часу в якості накопичувача енергії найзручніше використовувати батарею конденсаторів.

При магнітно-імпульсній обробці металів (МІОМ) енергія, яка запасується в батареї конденсаторів, передається в систему, яка складається з індуктора, індуктивно пов'язаного з тілом-провідником (заготовка). При розряді накопичувача енергії (батареї конденсаторів) на індуктор у вміщеному над ним провіднику за законом електромагнітної індукції наводиться вихрове електричне поле. Взаємодія електромагнітного поля індуктора і наведеного вихрового електромагнітного поля викликає механічні зусилля, які деформують заготовку.

Аналіз теоретичних досліджень і експериментальних робіт ряду організацій країни дозволяє відзначити такі особливості МІОМ:

- високі швидкості деформування (сотні м/с)
- можливість комбінованого впливу магнітного поля та електричного струму, що пропускається через заготовку;
- застосування тільки одного інструмента;
- відсутність рухомих частин інструменту.

Багатьма дослідниками виявлено, що деякі матеріали, звичні для нас як крихкі, при імпульсному навантаженні деформувалися пластично. Оскільки крихкість і пластичність характеризують не властивість, а стан матеріалу, вирішено було досліджувати макроявища деформування і впливу високої швидкості деформації на мікроструктуру матеріалів які деформуються.

### Список літератури

1. Белый И.В. Фертик С.М., Хищенко Л.Т. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов. Харьков: Вища школа, 1977. 168 с.

## ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕНЬ З УПРАВЛІННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МАШИН

Думіндяк С.Б.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Савченко В.Б.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Існуючі положення системи технічного обслуговування і ремонту машин в ряді випадків відображають детерміновані, а не ймовірнісні зв'язки між наробітком або часом експлуатації і величиною зносу, швидкості зміни параметрів технічного стану складових частин машин.

Застарілий підхід до цих зв'язків, як до детермінованих, ускладнює більш широке використання в дослідженнях сучасної теорії ймовірностей і її найбільш важливого розділу – теорії масового обслуговування, що знижує достовірність висновків та ефективність практичної реалізації наукових розробок.

З цієї причини, а також в результаті ряду інших причин, явно недостатньо проводиться досліджень з виявлення більш точних закономірностей зношування складових частин машин, визначення дійсних причин та характеру їх зношування. Тим часом, неодмінною умовою більш якісного управління працездатністю машин є поглиблене пізнання основних закономірностей зміни технічного стану їх елементів. Відомості про динаміку працездатності машин, в залежності від характеристик керуючих і збурюючих факторів, є основою процесу управління, на дослідження якого повинні бути спрямовані основні зусилля.

Представляється також дуже важливим отримання досить обґрунтованих залежностей відхилень розмірів і параметрів технічного стану складових частин машин від наробітку або часу роботи. Для цього слід, на наш погляд, більш широко використовувати, для апроксимації процесів, що протікають, випадкову ступеневу функцію. Такі залежності необхідно мати по всім основним складовим частинам машин.

Особливу увагу необхідно приділяти вивченню динаміки працездатності машин за узагальненими параметрами технічного стану, що інтегрально характеризують їх поведінку. В якості таких параметрів стану виступають: потужність, витрата палива, питомі витрати на ремонт машин, показники якості роботи, стан замикаючих ланок розмірних ланцюгів, тощо.

### Список літератури

1. Костецкий, Б.И. Трение, смазка и износ в машинах: Б.И. Костецкий. – К.: Техніка, 1970. – 396с.

## ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РІЗАННЯ РОТАЦІЙНИМИ РІЗЦЯМИ

Пісклов М.С.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Аветісян В.К.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Необхідно відзначити, що ротаційне різання – новий і порівняно мало вивчений процес. В зв'язку з цим розробка надійних та високовиробничих конструкцій ротаційних ріжучих інструментів та їх застосування з різними видами обробки металів, виявляється важкою задачею, успішне рішення якої зв'язано з необхідністю проведення великого об'єму дослідницької та проектно-конструкторської роботи. Різання круглими різцями принципово відрізняється від існуючих методів різання звичайними різцями, так як ці інструменти працюють на принципі ковзання між його ріжучою частиною, обробленою поверхнею. Швидкість відносного ковзання визначає енергетичні затрати на здійснення процесу, стійкість інструменту, якість обробленої поверхні. Зменшення швидкості відносного ковзання у контактних зонах інструмента з оброблюваним матеріалом досягається заміною ковзання при їх взаємодії на кочення. В цьому закладений великий запас підвищення стійкості інструмента та підвищення продуктивності процесу.

Стійкість інструмента підвищується за рахунок підвищення довжини активної ділянки леза, яке сприяє підвищенню тепловідводу із зони різання через інструмент і знижує загальну теплову напруженість процесу. Найбільше розповсюдження отримала геометрична форма ріжучою частини у вигляді грибка і чашки.

Дослідження у області різання круглими обертовими різцями проводяться не тільки у нашій країні, але і закордоном у США, Англії, Німеччині, Італії, Японії, Угорщині, Польщі і т. д.

Незважаючи на велику кількість схем, ротаційне різання виявилось новим та маловивченим процесом. Вказані схеми в основному застосовувались для обробки зовнішніх поверхонь на токарних верстатах і мало проведено дослідів при обробці внутрішніх поверхонь РР на розточувальних верстатах. Майже зовсім відсутні досліді по обробці внутрішніх поверхонь із чавуну і особливо циліндрів чи гільз автотракторних двигунів. У зв'язку з цим важливою проблемою сучасної теорії і практики обробки різанням є вишукування резервів підвищення її продуктивності, закладених у прогресивних схемах різання, до числа яких відносяться і розгляд різних схем.

Необхідність більш глибокого вивчення закономірностей роботи круглих обертових різців очевидна.

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. "Агроосвіта", 2014 – 665 с.

## АНАЛІЗ ВТОМНОЇ МІЦНОСТІ ВАЛУ БАРАБАНУ СЕПАРАТОРА КБС 1270.4.00.

Котляр А.В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Свіргун О.А.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Для розділення на фракції зернового вороху на зернопереробних підприємствах використовують зерноочисний сепаратор КБС 1270.4.00.

Об'єктом дослідження є втомна міцність валу барабану сепаратора КБС 1270.4.00.

Барабан підвішений на двох підшипникових опорах, нерухомій, з можливістю провертатися відносно горизонту на кут  $1,5...5^\circ$  та рухомій, що має можливість (при зміні кута нахилу барабану) рухатися по осі обертання останнього.

Продукт, який потрібно очистити, подається до барабану зі сторони підшипникового вузла, та, під час обертання барабану навколо вісі, просипається через решета. Розрахункова схема наведена на рис. 1

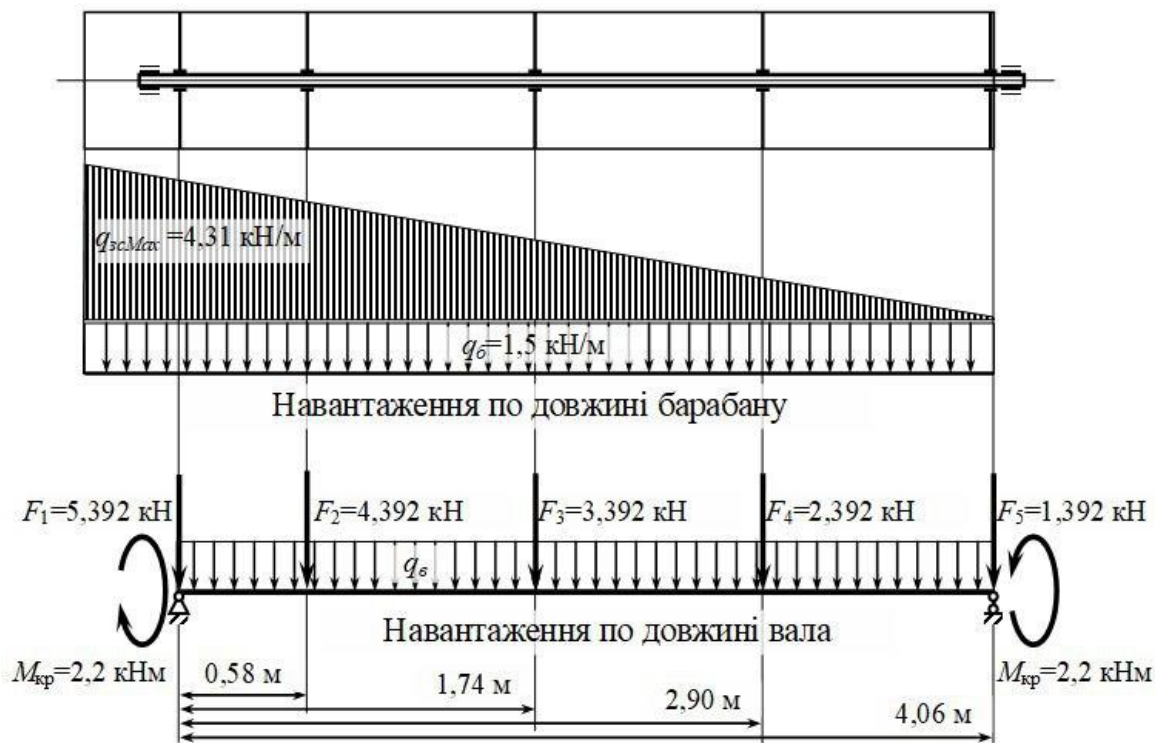


Рисунок 1. Формування розрахункової схеми навантаження вала сепаратора

Вихідні характеристики барабану сепаратора КБС 1270.4.00:

- частота обертання валу – 30 об/хв;
- максимальний кут нахилу барабану в процесі експлуатації – 5°;
- види опор валу барабану – нерухомий підшипник кочення та рухомий підшипник ковзання;
- вал барабану виготовлено з матеріалу Сталь 20

Для розрахунку вала на згин з крученням було розроблено програму в математичній таблиці MS Excel з використанням макросів Visual Basic [2]. На рис 2. наведена епюра еквівалентних напружень, які обчислені за формулою:

$$\sigma_{ек} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \quad (1)$$

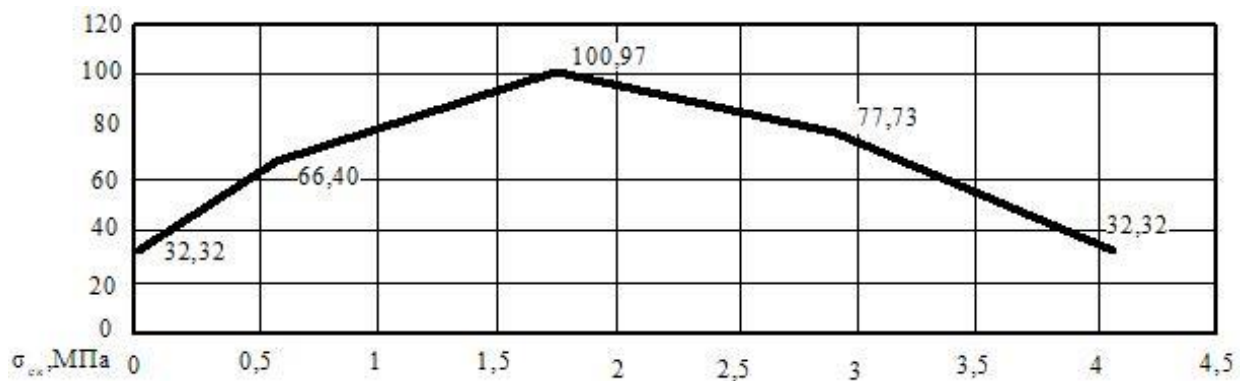


Рисунок 1. Епюра еквівалентних напружень вала при D=102 мм

Вал барабана сепаратора піддається симетричному циклу навантаження.

При прогнозованому терміні експлуатації в 8 років (згідно з технічним завданням) і частоті обертання  $n = 30$  об/хв, можна говорити про кількість циклів навантаження в  $N = 1,2 \cdot 10^8$  циклів.

При аналізі стаціонарних випадкових режимів навантаження двовірний закон розподілу змінних напружень, як правило, замінюють одновірним законом розподілу рівнів навантаження з умови сталості другої характеристики циклу.

У розрахунках на втому типові режими навантаження елементів (зварних з'єднань) задаються законом розподілу розрахункових напружень і відносною тривалістю (в роках) даного режиму в загальному періоді експлуатації машини.

Одним з сильних чинників, що впливають на опір втомі з'єднань, є залишкове напружене поле в зоні шва. Роль залишкового напруження в опорі втомі зварних з'єднань різко збільшується із зростанням концентрації напружень. У цих випадках залишкове напруження може змінювати величину меж витривалості у декілька разів як у бік підвищення, так і у бік

пониження. Довговічність зварних з'єднань може змінюватися при цьому в десятки разів.

Остаточно, характеристики опору втомі елементів конструкцій зі зварними з'єднаннями, визначають за ймовірністю відмови, враховуючи параметри  $\sigma_R$ ,  $S_{\sigma_R}$  розподілу межі витривалості і параметри  $\sigma_R$ ,  $A_R$ ,  $B_R$  рівняння медіанної (відповідної ймовірності відмови 50%) кривої втоми, яка має вигляд:

$$\sigma = \sigma_R \cdot e^{\frac{A_R}{N+B_R}} \quad (2)$$

Тоді, рівняння, яке описує розрахункову криву втоми вузла зі зварним з'єднанням, що побудоване для ймовірності відмови  $P\%$ , має вигляд:

$$\sigma(P;N) = R_R \cdot e^{\frac{A_R}{N+B_R}} \quad (3)$$

Нормативне значення границі витривалості  $\bar{\sigma}_R$  визначають за діаграмами граничних напружень циклу як значення, яке відповідає гілці  $N \rightarrow \infty$  або з таблиць.

Параметри  $A_R$  та  $B_R$ , що входять в рівняння кривої втоми, також визначаються за відповідними діаграмами або з таблиць.

Розрахункову границю витривалості  $R_R = \sigma_R(P)$  визначають залежно від допустимої ймовірності відмови  $P$  (ймовірності утворення втомної тріщини глибиною 2 ... 3 мм) за формулою виду

$$R_R = \sigma_R - z_p S_{\sigma_R} \quad (4)$$

де  $z_p$  – квантіль нормального розподілу для ймовірності  $P$ .

Квантіль нормального розподілу для ймовірності  $P = 0,95$  неруйнування дорівнює  $z_p = 1,645$ .

Квантіль нормального розподілу для ймовірності  $P = 0,5$  неруйнування дорівнює  $z_p = 0$ .

Для розрахунку вала на витривалість було розроблено програму в математичній таблиці MS Excel.

Вихідні дані

Ar	Br	Ssi	SiR
6,60E+05	4,90E+05	10	48

Z	0	1,675
Rr	48	31,25



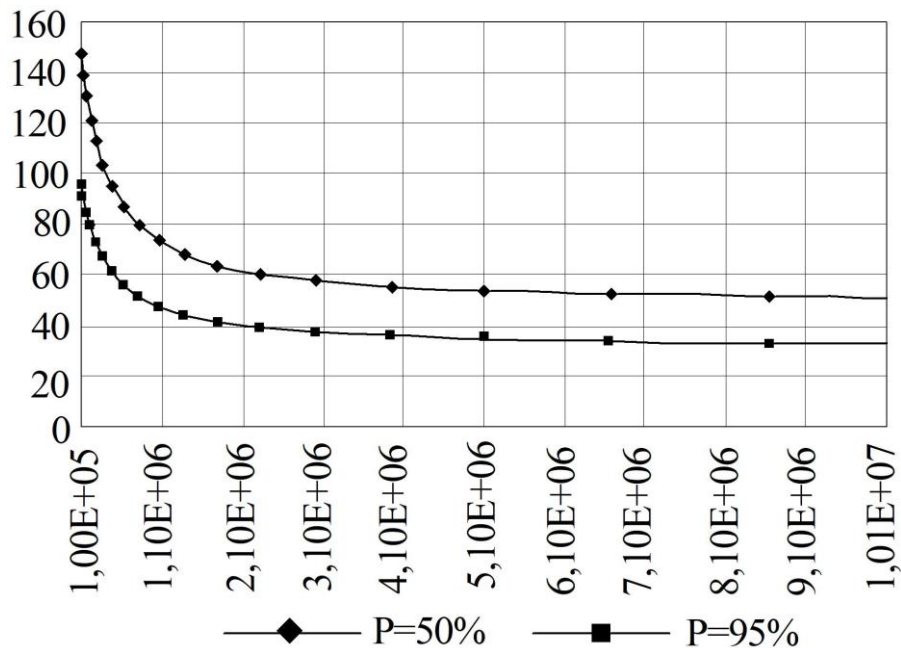


Рисунок 3. Результати розрахунку довговічності вала при високих залишкових напруженнях ( $\sigma_{ост} > 0,5\sigma_m$ )

Аналізуючи результати розрахунків, можна зазначити, що при існуючих навантаженнях, довговічність вала становитиме:

$N = 3,71 \cdot 10^5$  циклів у випадку високих залишкових напружень з ймовірністю безвідмовної роботи 50%.

$N = 1 \cdot 10^5$  циклів у випадку високих залишкових напружень з ймовірністю безвідмовної роботи 95%.

На основі проведених досліджень можна зробити такі висновки.

1. Вал в статичному режимі витримує робочі навантаження.
2. Коефіцієнт запасу при циклічному навантаженні вала не є достатнім для тривалої експлуатації машини.
3. Враховуючи задані фізико-механічні властивості матеріалу, для забезпечення заданого ресурсу та безвідмовності вала сепаратора необхідно внести конструктивні зміни.

#### Список літератури

1. Писаренко Г.С. Опір матеріалів / Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Є.С. – К.: Вища шк., 2004. – 655 с.
2. Савченко В. Б., Полтавченко О. В., Попко К. Г. Аналіз умов роботи і розрахунок валу сепаратора КБС 1240 на статичну міцність. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства, Вип. 205 «Проблеми надійності машин». 2019. С. 330-338.

## УСТАЛОСТНАЯ ПРОЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ КОМБИНИРОВАННЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Щурский Д.С., Афанасенко Д.Е.

**Научный консультант:** к.т.н., доцент Миранович А.В.

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г.Минск, Республика Беларусь*

Долговечность высоконагруженных деталей автотракторной техники (например, валов, осей) в основном определяется их сопротивлением усталости, так как они эксплуатируются в условиях динамических, повторных и знакопеременных нагрузок. При этом эксплуатационные свойства (сопротивление усталости, износостойкость, коррозионная стойкость и др.) таких деталей зависят от качества поверхностного слоя, имеющего свою структуру, фазовый и химический состав [1, 2].

Для восстановления и повышения долговечности изношенных деталей достаточно широкое распространение в ремонтном производстве получили комбинированные технологические способы, основанные на нанесении металлических покрытий и последующем упрочнении сформированного поверхностного слоя. К их числу относится магнитно-электрическое упрочнение (МЭУ) композиционными ферромагнитными порошками (ФМП) и поверхностное пластическое деформирование (ППД) покрытий, совмещенные в одной технологической схеме [3].

Следует отметить, что усталостное разрушение деталей машин, работающих при циклических нагрузках в условиях трения и изнашивания, начинается с поверхностного слоя, от физико-механических свойств которого в значительной степени зависит предел выносливости. Образовавшиеся в покрытиях при МЭУ с поверхностно-пластическим деформированием металлургические дефекты (поры, трещины, остаточные напряжения растяжения и др.), а также при последующей механической обработке покрытий царапины, риски, микротрещины снижают усталостную прочность. Эти дефекты, являясь в процессе работы детали концентраторами напряжений, образуют очаги зарождения усталостной трещины, которая, разрастаясь, приводит к их последующему износу [3, 4].

В связи с этим в работе проводились исследования усталостной прочности поверхностей, полученных комбинированным технологическим способом – МЭУ и ППД. При этом изучалось влияние на усталостную прочность сформированных поверхностей с учетом химического состава композиционных ферромагнитных порошков.

Исследования проводились на образцах круглого сечения из нормализованной стали 45, имеющих соотношение  $l/d = 15$  ( $l = 150$  мм – длина и  $d = 10$  мм – диаметр). В качестве ФМП использовались Fe-5%V и Fe-Ti (ГОСТ 9849-86), ФБХ-6-2 (ГОСТ 11546-75).

Образцы после МЭУ и ППД на установке модели УМЭУ-1 подвергались абразивному шлифованию на станке модели ЗУ12А и магнитно-абразивной обработке на установке ЭУ-6, обеспечивая шероховатость поверхности  $Ra = 0,6 - 0,8$  мкм. Испытания образцов проводились в условиях действия знакопеременной нагрузки с постоянной амплитудой на машине модели У-20М [4, 5].

Результаты испытаний на усталость исследуемых материалов (напряжение и соответствующее ему число циклов до разрушения) подвергались статистической обработке, в задачу которой входило определение средних вероятных значений усталости и долговечности при заданных уровнях напряжений.

Кривые выносливости строили в двойной логарифмической системе координат, благодаря чему функциональная зависимость напряжений от числа циклов  $\sigma = f(N)$  представлена уравнением

$$m \lg \sigma + \lg N = \lg C,$$

где  $\sigma$  – напряжение, МПа;

$m$  – параметр кривой,  $m = 5 - 100$  (приняли  $m = 10$ );

$N$  – число циклов нагружения;

$C$  – коэффициент.

Следует отметить, что криволинейная зависимость  $\sigma = f(N)$  в логарифмических координатах была приведена к уравнению прямой, что позволило применить метод линейной корреляции.

Для вычисления коэффициентов корреляции и составления корреляционных уравнений, полученные данные испытаний выносливости сводились в специальные таблицы. На основании этих таблиц вычисляли:

а) средние арифметические значения

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}; \quad \bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n},$$

где  $n$  – число испытаний,  $n = 5$ ;  $X_i = \lg N_i$ ,  $Y_i = \lg \sigma_i$ .

б) средние квадратичные отклонения

$$S_N = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n}}; \quad S_\sigma = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n}},$$

где  $x_i = X_i - \bar{X}$ ,  $y_i = Y_i - \bar{Y}$ , – являются отклонениями от средних арифметических значений.

в) коэффициент корреляции

$$r = \frac{\sum x_i y_i}{n S_N S_\sigma}.$$

Кроме того, составили корреляционное уравнение

$$X - \bar{X} = r \frac{S_n}{S_\sigma} (Y - \bar{Y}).$$

Недостовірність отриманих кореляційних рівнянь перевіряли по перетворенню, введеному Фішером для оцінки коефіцієнта кореляції при малому числі випробувань

$$Z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r}; \quad \sigma_z = \frac{1}{\sqrt{n-3}}.$$

Затем, задаваясь величиной доверительной вероятности  $P = 0,95$ , вычисляли доверительный интервал для  $Z$  по зависимости

$$Z - \alpha\sigma_z < |Z| < Z + \alpha\sigma_z,$$

где  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от уровня доверительной вероятности.

По найденным граничным значениям  $Z$  определяли доверительный интервал коэффициента корреляции, и, если значения его нижней границы оказались больше значения  $r_{кр}$ , определяемого зависимостью

$$r_{кр} = \alpha\sigma_z,$$

то это подтверждало наличие корреляционной связи между напряжением и долговечностью при циклическом нагружении исследуемых материалов, что и имело место при проведении исследований.

Результаты исследований показывают, что различная способность к сопротивлению усталостному разрушению (рис. 1) объясняется неодинаковой чувствительностью материалов покрытий к дислокационному скольжению. Установлено, что усталостная прочность обработанных поверхностей ФМП Fe-5%V, ФБХ-6-2 и Fe-Ti выше эталона соответственно в 1,43, 1,33 и 1,21 раза. При этом в процессе МЭУ и ППД формируются в системе «покрытие-основа» остаточные напряжения сжатия, также увеличивается зона термического влияния. Кроме того, происходит выделение дисперсных карбидов и интерметаллидов, блокирующих сдвиги по плоскости скольжения. Это в конечном итоге обеспечивает повышение поверхностной прочности, особенно проявляющейся в покрытиях со следующими структурами: мартенсит, легированные дисперсные карбиды и интерметаллиды.

Изучение характера излома образцов с покрытием показывает, что усталостные трещины зарождаются как на поверхности образцов, так и в их глубине, то есть в покрытии и зоне адгезии с основой. В покрытиях, полученных МЭУ и ПДД, трещины зарождаются, как правило, в зоне адгезии основы с покрытием [3, 5].

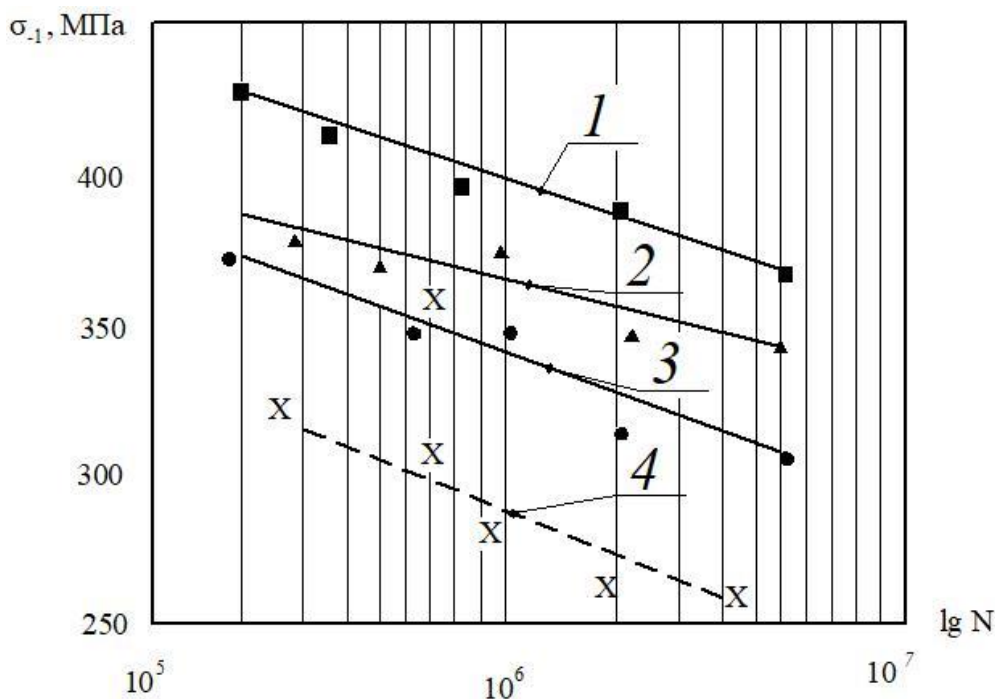


Рисунок 1. Влияние химического состава ФМП на усталостную прочность восстановленных МЭУ и ППД деталей:  
1 – Fe-5%V; 2 – ФБХ-6-2; 3 – Fe-Ti; 4 – сталь 45

Таким образом, проведенные исследования показывают, что для повышения усталостной прочности обрабатываемых поверхностей целесообразно восстановление и упрочнение деталей машин производить комбинированным технологическим способом – магнитно-электрическим упрочнением композиционными ферромагнитными порошками и последующим поверхностным пластическим деформированием покрытий.

#### Список литературы

1. Восстановление деталей машин: справочник / Ф.И. Пантелеенко [и др.]; под ред. В.П. Иванова. Москва: Машиностроение, 2003. 672 с.
2. Игнатъев А.Г. Повышение долговечности восстановленных деталей машин на основе управления остаточными напряжениями / А.Г. Игнатъев, А.А. Третьяков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение», 2018, Т. 18, № 1, С. 58-67.
3. Акулович Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. Полоцк: ПГУ, 1999. 240 с.
4. Кожуро Л.М., Чемисов Б.П. Обработка деталей машин в магнитном поле. - Минск : Наука і тэхніка, 1995. 232 с.
5. Акулович Л.М., Миранович А.В. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники. Минск: БГАТУ, 2016. 236 с.

## МЕТОДИ КОРИГУВАННЯ МІЖКАЛІБРУВАЛЬНИХ ІНТЕРВАЛІВ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Бойко О.С.

**Науковий консультант:** ст. викл. Галич І.В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Важливим аспектом підтримання спроможності отримувати простежувані та надійні результати вимірювань є визначення максимального періоду, який має пройти між двома періодичними калібруваннями робочих еталонів і робочих засобів вимірювальної техніки (ЗВТ).

Загальна мета періодичного калібрування:

– удосконалити визначення оцінки відхилення між еталонним значенням і значенням, отриманим із використанням ЗВТ, та невизначеності в межах цього відхилення під час використання ЗВТ;

– оцінити невизначеність, яку може бути досягнуто під час застосування конкретного ЗВТ;

– виявити, чи були якісь зміни у ЗВТ, які б поставили під сумнів результати, отримані за певний період.

Найважливішими питаннями відповідно до калібрування є «коли проводити» та «як часто про водити». Багато чинників впливає на проміжок часу, що має пройти між калібруваннями. Найважливішими чинниками є:

– невизначеність вимірювань, що необхідна чи заявлена;

– ризик перевищення границі максимально допустимої похибки ЗВТ;

– вартість потрібного виправлення результатів вимірювань, якщо виявлено, що ЗВТ не відповідав вимогам деякий час;

– кваліфікація обслуговувального персоналу та ін.

Відсутність єдиних універсальних практичних рекомендацій щодо встановлення та коригування міжкалібрувальних інтервалів призводить до невизначеності. Тому, у зв'язку з відсутністю єдиного методу, який ідеально підходить для цілого ряду ЗВТ, наведено кілька простих методів для оцінювання та коригування міжкалібрувальних інтервалів і їхньої придатності для різних типів ЗВТ. Ці методи було описано докладніше в де яких стандартах [1] або провідними технічними інститутами [2, 3], або у відповідних наукових журналах. Є цілий ряд методів для коригування міжкалібрувальних інтервалів.

Метод 1: Автоматичне регулювання (за календарем). Кожен раз, коли ЗВТ пройшло калібрування через установлений інтервал, наступний інтервал розширюється, якщо визначено, що похибка перебуває у границях, наприклад 80% від

границі допустимої похибки, або зменшується, якщо визначено, що похибка перевищує границю допустимої похибки.

Метод 2: Контрольна діаграма (за календарем). Контрольна діаграма є одним із найважливіших засобів статистичного контролю якості. Принцип цього методу такий: вибрати важливі точки калібрування отримані протягом певного часу. За цими даними розрахувати дисперсію результатів і дрейф. Дрейф розраховують як середній дрейф за один міжкалібрувальний інтервал або, в разі дуже стабільних ЗВТ, як дрейф за декілька інтервалів. Оптимальний інтервал розраховують за цими діаграмами.

Метод 3: Час експлуатування. Це варіація попередніх методів. Основний метод залишається незмінним, але міжкалібрувальний інтервал визначають у годинах використання, а не в календарних місяцях. ЗВТ оснащують індикатором витраченого часу та повертають на калібрування, коли витрачений час досягне конкретного значення.

Метод 4: Перевіряння під час експлуатування чи тестування «чорним ящиком».

Цей метод — варіація методів 1 та 2, та він придатніший до комплексних ЗВТ або випробу вальних стендів. Критичні параметри перевіряють часто (один раз за добу або ще частіше) портативним засобом калібрування або, бажано, «чорним ящиком», зробленим відповідно для перевіряння конкретних параметрів. Якщо «чорним ящиком» визначено, що похибка ЗВТ знаходиться за границями допустимої похибки, то ЗВТ повертається для проведення повного калібрування.

Метод 5: Інші статистичні підходи. Методи, засновані на статистичному аналізі конкретного ЗВТ або типу ЗВТ, також можуть бути можливим підходом. Ці методи користуються все більшим попитом, особливо у разі використання в комбінації з відповідним програмним забезпеченням. Таке програмне забезпечення та його математичний апарат описано [4].

Ніякий метод не є ідеальним для всіх можливих ЗВТ, що застосовують. Крім того, потрібно відмітити, що вибраний метод буде визначатися тим, чи буде проводитися заплановане обслуговування. Можуть бути інші чинники, які будуть впливати на вибір методу. Вибраний метод буде визначати форму звітів за результатами калібрування, що зберігаються.

### Список літератури

1. ДСТУ ISO 10012:2005 Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання (ISO 10012:2003, IDT).
2. Нанка О.В., Антощенко Р.В., Кісь В.М. та ін. Загальне управління якістю: підручник. Харків: ХНТУСГ, 2019, 205 с.
3. Establishing and Adjustment of Calibration Intervals. NCSL Recommended Practice RP-1, 1996.
4. Lepek A. Software for the prediction of measurement standards. NCSL International Conference, 2001.

## НЕВКАЗАНИ ГРАНИЧНІ ВІДХИЛИ ЛІНІЙНИХ ТА КУТОВИХ РОЗМІРІВ

Беззубенко В.І.

**Науковий консультант:** ст. викл. Галич І.В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Для поверхонь, що не з'єднуються з іншими поверхнями, зазвичай застосовують допуски низької точності. Граничні відхили на такі розміри не вказують безпосередньо після номінальних розмірів, а в технічних вимогах креслення роблять загальний запис. Граничні відхили лінійних та кутових розмірів з невказаними допусками встановлені в [1]. Стандарт встановлює спрощені позначення на кресленнях і основні (загальні) допуски для лінійних та кутових розмірів без індивідуального позначення допусків і застосовується для таких розмірів:

- лінійних розмірів (зовнішніх, внутрішніх, уступів, діаметрів, радіусів, відстаней, зовнішніх радіусів і розмірів фасок скошених країв);
- кутових розмірів, в тому числі на прямі кути та кути багатокутників (якщо вони не нормуються окремо);
- лінійних та кутових розмірів, отриманих під час механічного оброблення деталей в зборі.

Загальні допуски не застосовують для таких розмірів:

- лінійних та кутових розмірів, на які наведені посилання на інші стандарти (розміри підшипників, шпонок, шліцьових валів та отворів тощо);
- додаткових розмірів, вказаних в дужках;
- розмірів для довідок;
- теоретично точних розмірів, що вказані в прямокутних рамках.

Основні допуски для лінійних розмірів умовно розділені на чотири класи точності: «точний» - f, «середній» - m, «грубий» - c, «дуже грубий» - v.

Під час вибору класу точності слід враховувати точність, звичайну для виробника. Якщо є необхідність застосування менших допусків або допустиме застосування більших допусків, які економічно доцільніші для якого-небудь окремого елемента, то такі допуски належить наводити індивідуально поруч з відповідними номінальними розмірами. Основні допуски, вказані в кутових одиницях, обмежують тільки загальну орієнтацію ліній або лінійних елементів поверхні, але не відхили від їх форми.

На кресленнях у технічних вимогах можливі чотири варіанти запису, наприклад, для класу точності «середній» [2]:



1.  $H14, h14, \pm t_2 / 2$  або  $H14, h14, \pm IT14/2$ ;
2.  $+t_2, -t_2, \pm t_2 / 2$  (таке застосування не рекомендується);
3.  $\pm t_2 / 2$  або  $\pm IT14/2$ ;
4.  $\varnothing H14, \varnothing h14, \pm t_2 / 2$  або  $\varnothing H14, \varnothing h14, \pm IT14/2$  (для круглих розмірів).

Якщо на кресленні є лише один пункт технічних вимог, то його формулюють так: «Невказані граничні відхилення розмірів:  $H14, h14, \pm IT14/2$ », а якщо пунктів декілька, то в одному з них без пояснювальних слів вказують: « $H14, h14, \pm IT14/2$ », хоча і в цьому випадку допускається писати пояснювальні слова.

Невказані граничні відхилення кутів (крім  $90^\circ$ ) та радіусів закрутлення встановлюють залежно від якості чи класу точності неказаних лінійних розмірів. Застосування основних допусків за ДСТУ ISO 2768-1-2001 має ряд переваг, зокрема:

- креслення легко читати;
- конструктор економить час, уникаючи детального розрахунку допусків, бо досить знати, чи допустимий функціонально більший або дорівнює основному допуску;
- креслення наочно показується, який елемент можна виготовити в результаті нормального процесу, що також сприяє якості виготовлення у разі зменшення рівня контролю;
- решта розмірів із індивідуально позначеними допусками будуть, здебільшого тими елементами, що підлягають контролю;
- замовники і постачальники з кооперації можуть легше укласти замовлення, знаючи «звичайну точність виробника» до розміщення контракту.

Ці переваги виявляють у повній мірі тільки тоді, коли є достатня впевненість у тому, що основні допуски не будуть перевищені, тобто, коли звичайна точність виробника дорівнює або вища, ніж основні допуски, що зазначені в кресленні.

Допуск функціонально призначений, часто більший, ніж основний допуск. Отже, коли основний допуск виявився (випадково) перевищеним для будь-якого елемента виробу, то функціонування деталі не завжди погіршується. Перевищення основного допуску призводить до відбракування виробу тільки, якщо порушено його функціонування.

#### Список літератури

1. ДСТУ ISO 2768-1-2001 Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків (ISO 2768-1:1989, IDT). 10 с.
2. Лук'яненко В.М., Кісь В.М., Фабричнікова І.А. та ін. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання: метод. вказ. для викон. практич. роботи "Виконання робочого креслення деталі" студ. денної та заоч. форми навч. техн. спец. Харків: ХНТУСГ, 2018, 7 с.
3. Іванов Г.О., Шибанін В.С., Д.В. Бабенко та ін. Взаємозамінність, основи стандартизації та технічних вимірювань: підручник. Миколаїв: МНАУ, 2016, 412 с.

## ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНІЗОВАНОЮ НАПЛАВКОЮ З ТЕРМОМЕХАНІЧНИМ ЗМІЦНЕННЯМ

Донський А.В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Романченко В.М.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Технології відновлення деталей відносяться до розряду найбільш ресурсозберігаючих, тому що в порівнянні з виготовленням нових деталей різко скорочуються витрати, ресурсозбереження при цьому становить близько 70%.

Багаторічними дослідженнями встановлено, що у деталей, що надходять в ремонт, зношуються несучі поверхні і зберігається значний ресурс по параметру втомної міцності. Відомо, що зношені деталі машин часто відновлюють за допомогою нанесення шару металу різними методами. Одним з таких методів, що одержали найбільше поширення в практиці ремонту, є нанесення металу механізованим електродуговим наплавленням. У цьому випадку надійність і довговічність відновлених деталей, а отже, надійність та довговічність машини, у цілому, визначаються якістю нанесеного металу. Одним із шляхів підвищення надійності і довговічності деталей машин є застосування зміцнення металу термомеханічною обробкою, що представляє собою раціональну комбінацію в одному технологічному процесі обробку тиском і термічну обробку. Численні дослідження, проведені в нашій країні та за кордоном, показали, що термомеханічна обробка дозволяє одержати більш високу, ніж при термічній обробці, міцність металів і сплавів при збереженні досить високої пластичності. У цей час широко використовуються способи термомеханічної обробки при прокатці, куванні, штампуванні і видавлюванні металу стосовно до машинобудування. Застосування зміцнюючої термомеханічної обробки в ремонтному виробництві при відновленні зношених деталей машин механізованим наплавленням є більшим резервом підвищення їх надійності і довговічності. При цьому технологічно і економічно найбільш вигідним є сполучення способів механізованого наплавлення й термомеханічної обробки, що дає можливість використовувати нагрівання металу теплом зварювальної дуги для його пластичного деформування і наступного загартування.

Метою роботи є розробка способу механізованого наплавлення зношених деталей з низькотемпературним термомеханічним зміцненням наплавленого металу з використанням при цьому температури нагрівання деталі в процесі проведення наплавлення, а також дослідження впливу НТМО на якість і основні властивості металопокриттів, нанесених пропонованим способом.

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. "Агроосвіта", 2014 – 665 с.

Секція 2

«Інноваційні технологічні рішення в  
рамках завдань сервісної інженерії»

## БУДОВА РОСЛИН ТА ПРИСТОСУВАННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДО ЇХ ОБРОБІТКУ ПРИ ДИСКУВАННІ

Зубко В.М., к.т.н., доцент

Сумський національний аграрний університет

м. Суми, Україна

Згідно етапів технологічного процесу виробництва продукції рослинництва розглянемо об'єкти, з якими працюють робочі органи агромашин, їх взаємодію з метою визначення відповідності і якості виконання операції.

На першому етапі технологічного процесу насамперед виконуються роботи, пов'язані з ліквідацією залишків попередника. Це лушення або дискування стерні, оранка тощо. Покращення структури ґрунту, вивчення його складу та поліпшення стосовно вимог тієї чи іншої культури шляхом додаткового насичення відповідними поживними елементами. Звідси виникає необхідність виконання таких операцій, як внесення добрив, культивация. тощо.

Взаємодію середовища і відповідних робочих органів для першого етапу розглянемо на прикладі дискування стерні. Для аналізу взаємодії необхідно привести характеристику умов роботи.

Після збирання попередника залишаються рослинні залишки основної культури та бур'янів у вигляді стерні, через яку інтенсивно випаровується волога, та подрібнених стебел, які розсіяні по поверхні ґрунту. Після збирання висота стерні озимої пшениці 20-25 см, в залежності від сортів (рис. 1).



Рисунок 1. Поле після збирання озимої пшениці

Середня висота зрізування стебел при збиранні кукурудзи на зерно становить 10-15 см (рис. 2).

Рослинні залишки найчастіше нерівномірно, а саме не у відповідності з шириною захвату жатки та мілкими копицями, розподіляються по поверхні ґрунту. На поверхні ґрунту та в рослинних залишках знаходяться падалиця культури та насіння бур'янів.



Рисунок 2. Поле після збирання кукурудзи на зерно

За час технологічного процесу вирощування культури ходові системи машин неодноразово проходили по поверхні ґрунту, тим самим збільшуючи його щільність до 1,4 – 1,6 г/см<sup>3</sup>. Відсутність механізованої обробки ґрунту, під час догляду за посівами, істотно обмежує проникнення кисню і вологи у його нижні шари, тим самим зменшуючи пористість ґрунту до 40–45% та підвищуючи його твердість до 5-8 кПа. Як правило, збирання аграрних культур супроводжується мінімальною кількістю вологи у ґрунті, що зменшує його липкість. Відповідні дані отримані на підставі проведення польових досліджень.

Обробіток ґрунту дисковими знаряддями необхідний для закладення пожнивних залишків, підрізання бур'янів, провокування до проростання насіння бур'янів для подальшого знищення оранкою. Розпушування поверхневого шару ґрунту зменшує випаровування вологи, покращує поглинання атмосферних опадів, підвищує якість кришення пласта і знижує до 35% тягове зусилля плуга при подальшій оранці. Допустимий розрив між збиранням і обробітком ґрунту – не більше 1 дня.

Після збирання культури на поверхні поля лишається велика кількість рослинних залишків основної культури (стебла, стерня (особливо важливо для зернових, адже через стерню, як через труби інтенсивно випаровується волога), коренева система, падалиця), залишки бур'янів (рослинні залишки стебел, кореневої системи та насіння) потребують подрібнення та перемішування маси, яка утворилась з ґрунтом. З ґрунтовою вологою та опадами, у вигляді дощу та

роси, рослинні рештки швидше перегниють, хворобам і шкідникам будуть створені негативні умови, в яких вижити важче, а втрати культури та падалиця бур'янів проростуть і їх можна знищити наступним обробітком. В утвореній мульчі будуть розвиватись макро- і мікроорганізми, ґрунту буде насичуватись «живим», рослинні рештки будуть перегнивати (а не висихати на поверхні), що супроводжує розуцільнення ґрунту. Для виконання такої задачі необхідно використовувати дискові робочі органи.

У процесі луцнення гине велика кількість збудників хвороб і шкідників сільськогосподарських культур [1] (рис. 3).



Рисунок. 3 Шкідники, які зимують в рослинних залишках кукурудзи

Механізована технологічна операція направлена на підвищення врожайності аграрних культур шляхом забезпечення оптимальних умов росту і розвитку рослини. Кожний технологічний процес характеризується показниками. У довідниковій літературі визначені основні показники та вимоги і допуски до дискування у табл. 1 [1].

Таблиця 1. Агровимоги до дискування

Показники	Вимоги та допуски
Відхилення середньої фактичної глибини обробітку ґрунту дисковими знаряддями, см	Не більше $\pm 1,5$
Вирівняність поверхні поля (довжина профілю), м	Не більше 10,5 на відріжку 10 м
Агрегатний стан ґрунту	Грудки не більше 35 мм
Глибина западин або висота гребенів після обробки, см	Не більше 4
Перекриття суміжних проходів агрегатів (для дискових луцильників), см	15-20
Підрізання бур'янів, %	100
Допустима кількість незаробленої стерні, %	До 4
Отріхи, необроблені смуги	Не допускаються

#### Список літератури

1. Орманджи К.С. 1976: Оценка качества механизированных работ полеводства. / Орманджи К.С. – М.: Россельхозиздат, 1976. – 110 с.

## ДО МОЖЛИВОСТІ КОНТРОЛЮ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРА К-424

Петров Р.М.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Калінін Є.І.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Досвід експлуатації тракторів К-424 ставить питання про необхідність вдосконалення технічного обслуговування і діагностування їх основних агрегатів, зокрема, коробки передач (КП).

Несправності КП викликають тривалі простої тракторів К-424, оскільки необхідні для ремонтного втручання витрати праці і часу тільки на зняття та установку КП тракторів в господарствах дуже великі. В той же час несправності КП, виявлені в початковій стадії розвитку, дозволяють вжити заходів, що дають можливість відсунути час її ремонту, і отже, підвищити ефективність використання трактору, а отже, і парку в цілому.

Досвід експлуатації показує також, що зміна основних параметрів функціонування КП в її початковій стадії є наслідком зміни якогось елемента і ніколи не стосується всього агрегату, але, поступово розростаючись, призводить до повної відмови КП. Виявлення цих елементів можливо своєчасною діагностикою. Отже підвищення ефективності діагностування КП – актуальне завдання.

Аналіз основних причин відмов КП, показав, що відмова механічних елементів КП становить близько 25%, а 75% – відмови гідросистеми КП, яка забезпечує керування фрикційними муфтами ведучого валу. Фрикційні муфти ведучого валу, в свою чергу, забезпечують передачу моменту, що розвивається двигуном, для перетворення в елементах трансмісії і виконують функції основної муфти зчеплення трактора.

Виходячи з теорії масляних муфт зчеплення, можна зробити припущення, що для випадку тертя сталевих поверхонь ведучих і ведених дисків бустера з присутністю мастила коефіцієнт тертя незмінний.

Таким чином, момент, який передається фрикційними муфтами ведучого валу, залежить від матеріалу дисків тертя, їх геометричних розмірів і тиску мастила в робочій порожнині. Тиск мастила залежить від насоса, клапанів, ущільнень.

### Список літератури

1. Эксплуатационная технологичность конструкций тракторов / В.М. Михлин, К.И. Диков, В.М. Стариков и др. / Под общ. ред. Н.Ф. Чухчина и В.М. Старикова. – М.: Машиностроение, 1982. – 256с.

## ДО ЗАСТОСОВУВАННЯ ПРОГРЕСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Попенко Н.В., Кривенко В.В., Сушко А.А., Тарасов Д.В., Ковальчук С.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Сакно О. П.

*ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»*

*м. Дніпро, Україна*

Під технічним станом автотранспортного засобу (АТЗ), слід розуміти сукупність схильних до зміни властивостей АТЗ, які характеризуються в певний момент часу ступенем відповідності фактичних значень показників і (або) якісних ознак, встановленим в нормативно-технічних документах.

Зміна технічного стану об'єкта визначається значеннями діагностичних (контрольованих) параметрів.

Вибір найбільш інформативних параметрів об'єкта діагностування може починатися тільки після дослідження явищ, що протікають в об'єкті, і наявності хоча б наближеного опису контрольованих процесів.

Контроль об'єкта як динамічної системи зазвичай розглядають як реакцію на вхідні ті, хто підбурюють та управляють [1]. У такій схемі, заснованій на принципі «вхід-вихід», контроль і оптимізація роботи об'єкта здійснюється на основі зв'язків між вхідними змінними, за які вживаються всі зовнішні, що обурюють (умови експлуатації) та управляючі (з боку оператора і керуючих пристроїв) і вихідні змінні [2].

Сучасне сервісне обслуговування АТЗ посідає таке саме почесне місце, як і класичні інструменти – рекламування товару виробника, стимулювання продажу товару за певних умов, робота з громадськістю і персональний продаж. Розвиток якісного, відповідно до сучасних вимог споживача, сервісного обслуговування протягом усього життєвого циклу АТЗ розглядається як передумова створення нових технологій для технічного обслуговування і ремонту (ТОіР) АТЗ [3].

На етапі моделювання технології технологічного процесу виникає питання вибору прогресивної раціональної або оптимальної технології, саме технологічного процесу і технологічної системи.

В даному випадку вибір раціонального або оптимального варіанту технології полягає в генеруванні множини варіантів рішення і вибір із множини спочатку деякої підмножини перспективних рішень, а потім і раціонального або оптимального варіанту технологічного рішення. Для вибору раціонального або оптимального варіанту використовують методи спрямований пошук [1]. Процес прийняття необхідного технологічного рішення в процесі проведення ТОіР АТЗ завершується вибором єдиного домінуючого варіанту технології, який виконується на основі загальних та часткових законів, що діють в АТЗ. Для прийняття даного рішення



виступає попереду ситуація з характерними властивостями (рівень конструкція АТЗ, рівень його технічного стану на всіх етапах життєвого циклу, рівень підприємства тощо), а також наявність інформація щодо прогресивної технології або можливість її використання.

Основні характеристики прогресивних технологій надано структурною схемою на рис. 1.

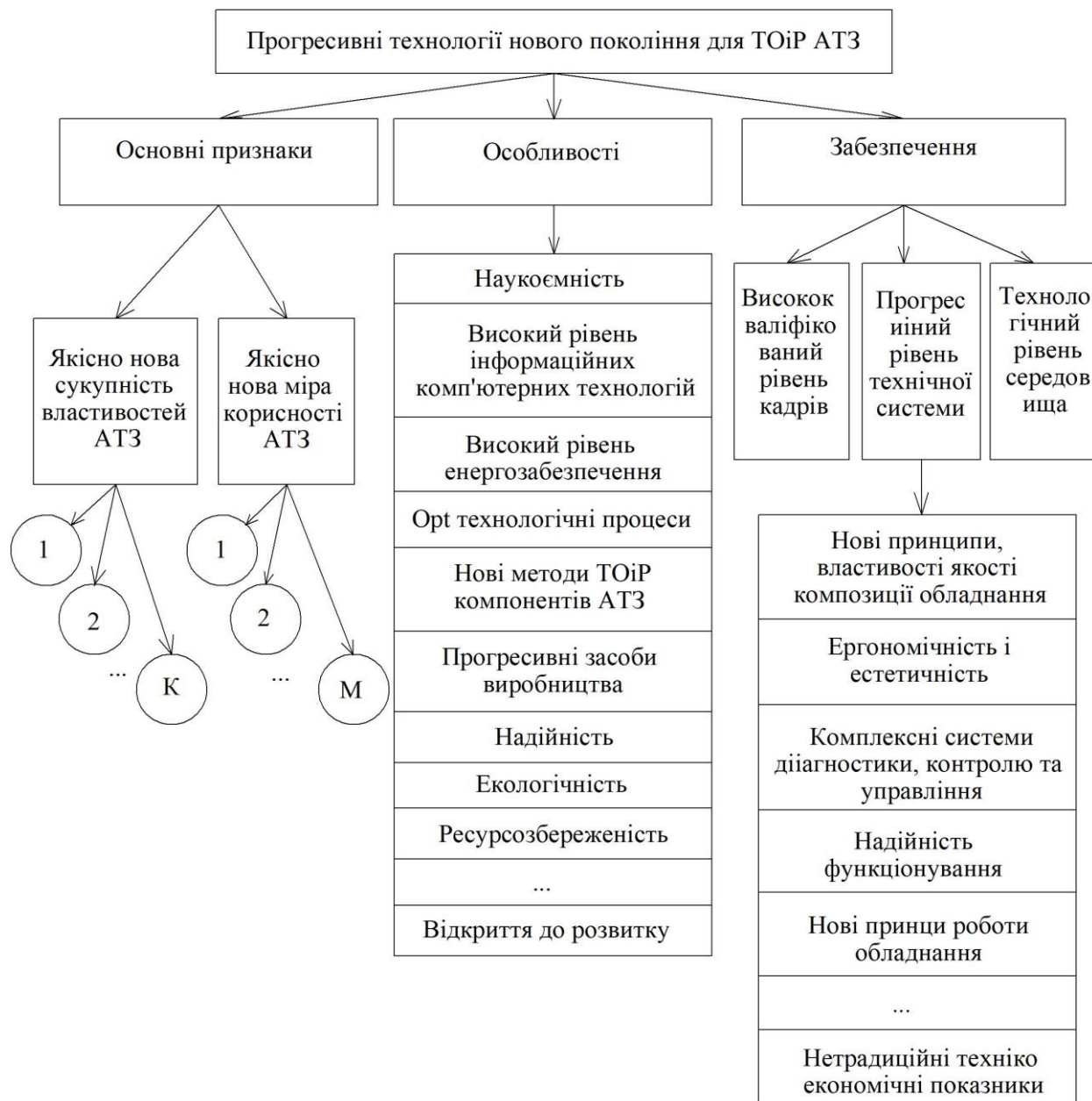


Рисунок 1. Основні характеристики прогресивних технологій нового покоління в системі ТОiP АТЗ

Вона має ієрархічну структуру і містить основні признаки (властивості) АТЗ, особливості конструкції АТЗ та напрями забезпечення ефективної експлуатації АТЗ. Міркувати про прогресивні нові технології в системі ТОіР АТЗ потрібно по кінцевому результату, а саме по надійності АТЗ. На основі цього основні признаки за рис. 1 мають наступні категорії:

- якісно нова сукупність властивостей АТЗ або його компонентів (причина);
- якісно нова міра корисності компонентів АТЗ (наслідок).

Створені прогресивні технології нового покоління мають нові базові особливості. Основні з них зв'язані з високою наукоємністю їх створення, складністю реалізації і функціонування. Потрібен високий рівень інформаційних комп'ютерних технологій, оптимальний рівень енергозабезпечення. Моделювання нових технологій повинно базуватися на оптимальних технологічних процесів, при цьому використовуються нові методи ТОіР компонентів, агрегатів, АТЗ в цілому. Використовуються прогресивні засоби виробництва. Створені технології повинні мати високу стійкість та надійність функціонування за заданим маршрутом технологічного процесу. Усе це повинно бути детально пророблено на основі нових підходів в моделюванні і забезпечення екологічності та ресурсозбереженості. Разом з цим створена технологія повинна буди відкрита до розвитку та мати можливість еволюціонувати і модифікувати згідно зі зовнішніми умовами, що змінюються. Крім того прогресивні технології можуть мати ряд інших особливостей, що відносяться до спеціальних питань їх моделювання.

#### Список літератури

1. Кокорев Г.Д., Успенский И.А., Бышов Н.В., Борьчев С.Н. и др. Периодичность контроля технического состояния мобильной сельскохозяйственной техники. *Научный журнал КубГАУ*, Вып. 7 (081), 2012, С. 480–490.
2. Ivanovich V., Mitrovich R., Jovanovich D. Software for Management of Maintenance System for Truck, Passenger Car, Coach and Work Machines. *Sustainable Automotive Technologies*, 2012, Pp. 267-273.
3. Матеріали сайту SAE. Режим доступу: <https://www.sae.org/news/2018/08/connectivity-for-truck-of-the-future>

## ВІДНОВЛЕННЯ ПЛУЖНИХ ЛЕМІШІВ ДВОШАРОВИМ НАПЛАВЛЕННЯМ

Гайденко В.В.

**Науковий консультант:** доцент Бантковський В.А.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Експлуатація плужних лемішів на піщаних, супіщаних і суглинистих ґрунтах пов'язана з інтенсивним зношуванням робочих органів, що призводить до обмеження наробітку на відмову. Найбільш значимим дефектом є зношування носка лемішу, що має променевидну форму, коефіцієнт повторюваності якого 0,84; при цьому 30% деталей зберігають геометричну форму, що задовольняє технічним умовам.

Тим часом, технологічні процеси, які дозволяють усунути названий дефект, неефективні. Збільшення довговічності лемішів плугів можливо при використанні технологій, які поєднують відновлення та зміцнення, що попереджають інтенсивне абразивне зношування.

Застосування способів усунення променевидного зношування не повинне впливати на появу вигинів, руйнувань, жолоблень, зносів в інших частинах деталі при їхній наступній експлуатації. При цьому необхідно витримати геометрію відновленого леміша, яка відповідає агротехнічним вимогам.

Відновлення зводиться, як правило, до заплавлення місця зносу спеціальними електродними матеріалами, що забезпечують достатню зносостійкість поверхні, без ураження можливості появи інших дефектів у процесі роботи.

Широку можливість в цьому плані має двошарове наплавлення, де у проміжному шарі з'являються підвищені пружні та пластичні властивості, в порівнянні з поверхневим зносостійким покриттям.

*Ціль роботи* – розробка технології зміцнюючого відновлення плужних лемішів двошаровим наплавленням.

*Об'єкти досліджень* – технологічний процес зміцнюючого відновлення зношених плужних лемішів;

*Предмет досліджень.* Оптимізація технологічних прийомів відновлення двошаровим наплавленням з одночасним зміцненням зношених плужних лемішів на піщаних, супіщаних і суглинистих ґрунтах.

Розробка технології зміцнюючого відновлення зношених плужних лемішів в області носка наплавленням проміжного шару з підвищеними пружними та пластичними властивостями і поверхневого, що забезпечує необхідну зносостійкість. Це дозволить підвищити ресурс леміша до його відмови в середньому на 15...20 га.

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. "Агроосвіта", 2014 – 665 с.

## ВИЯВЛЕННЯ РОЗПОДІЛУ КОМПОНЕНТІВ СПЛАВУ В СТРУКТУРНИХ СКЛАДОВИХ ХРОМОНІКЕЛЕВОГО ЧАВУНУ

Кур'янов О.С.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Автухов А.К.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Суттєвий вплив на руйнування робочої поверхні формуючих інструментів з хромонікелевого чавуну, що працюють в умовах змінних циклових навантажень температури та тиску, надає розподіл хімічних елементів в структурних складових матеріалу.

Визначення особливості формування матриці і карбідної фази робочого шару дозволяє прогнозувати довговічність і надійність прокатних валків при роботі в умовах термоциклічного впливу, а також намітити шляхи ефективного підвищення їх стійкості[1].

При проведенні досліджень використовували мікрорентгеноспектральний аналіз для локальної оцінки розподілу хімічних елементів в структурних складових чавуну наступного хімічного складу, %: 2,98 С; 0,86 Si; 0,63 Mn; 0,072 P; 0,044 S; 1,73 Cr; 4,37 Ni; 0,28 Mo; 0,2 V і 0,053 В і модифікованого сумарною часткою 3кг Reseed® і Superseed®75.

На рис. 1 і в табл. 1 наведені результати мікрорентгеноспектрального аналізу структурних складових робочого шару валка.

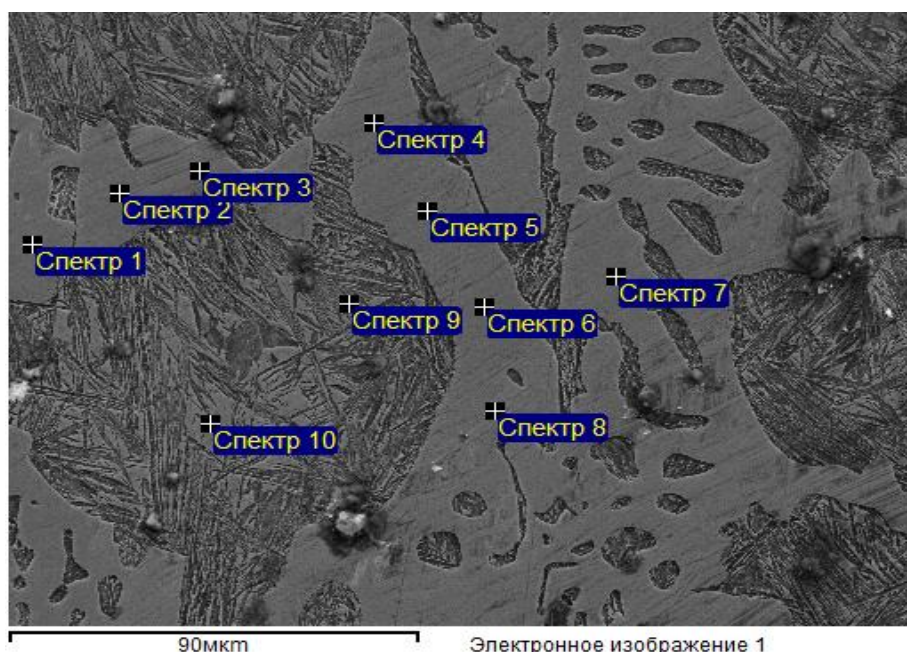


Рисунок 1. Мікроструктура і зони мікроелементарного локального аналізу

Визначено, що вміст вуглецю в цементиті ледебуріта стабільний і становить 25,03-25,85%, а в структурно вільному цементиті змінюється навіть в одному зерні і досягає 22,47-24,70%. Кремній не розчинюється у карбідній фазі. Виявлено нерівномірну розчинність ванадію в карбідній фазі (від 0 до 0,40%).

Хром більш рівномірно розподілений в зонах структурно вільного цементиту (3,12-3,47%), менш в – цементиті ледебуріта (2,21-3,50%). Марганець в ледебуриті та цементиті розподілений досить рівномірно (0,61- 0,87%). Слід зазначити, що виявляються окремі зони в ледебуриті, де цей компонент відсутній. Нікель до 3,0% загального його вмісту в сплаві частково розчиняється в карбідній фазі, причому, однорідно в рамках одного зерна цементиту (1,0 - 1,07%) і менш однорідно біля границь зерен ледебуриту (0,98 - 1,25% ).

Таблиця 1. Результати мікроспектрального аналізу

Номер спектра	Вміст компонентів, %							
	C	O	Si	V	Cr	Mn	Fe	Ni
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	22.47			0.40	3.12	0.74	72.19	1.07
2	24.70			0.32	3.47	0.61	69.84	1.06
3	24.52				3.42	0.87	70.19	1.00
4	25.39				3.36	0.68	69.47	1.10
5	25.85				3.31	0.75	69.12	0.98
6	25.44			0.30	3.50		69.75	1.01
7	25.24				3.29	0.71	69.62	1.15
8	25.03			0.29	2.21	0.72	70.50	1.25
9	18.97		0.95		0.77		70.96	3.70
10	19.31	4.66	1.28		0.67	0.44	74.20	4.11
Макс.	25.85	4.66	1.28	0.40	3.50	0.87	74.20	4.11

У металевій матриці концентрація компонентів змінюється ще більш істотно. Так, вміст вуглецю змінюється від 18,97% до 19,31%; марганцю від 0 до 0,44%, хрому від 0,67 до 0,77%; кремнію від 0,95 до 1,28%; нікелю від 3,7 до 4,11%, ванадію в матриці не виявлено. Виявлені кисневі включення, окремі оксиди, що містять 4,66% кисню.

Встановлені особливості структуроутворення являються визначальними в пошкоджуваності карбідної фази та розвитку сітки розпалу робочого шару валків при експлуатації.

### Список літератури

1.Скобло Т. С., Автухов А.К. Особенности формирования тонкой структуры карбидной фазы при кристаллизации и эксплуатации в условиях циклического воздействия. *Актуальные проблемы физического металловедения сталей и сплавов. Материалы XXII Уральской школы металловедов-термистов. Оренбург. 2014. С. 119-121.*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРРОАБРАЗИВНОГО ПОРОШКА НА ОСНОВЕ СВС-МЕТОДА ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Залуцкий М.А.

**Научные руководители:** к.т.н., доцент Сергеев Л.Е.,

ст. преподаватель Сенчуров Е.В.

*Белорусский государственный аграрный технический университет  
г. Минск, Республика Беларусь*

Повышение производительности процесса изготовления и качества деталей сельскохозяйственной техники достигается путем комплексной механизации и автоматизации производства, применением высокоэффективных методов механической, в частности, финишной обработки. Поэтому задачу интенсификации производства следует решать также путем создания принципиально новых методов механической обработки, основанных на ином характере взаимодействия инструмента с поверхностью детали.

К числу таких перспективных методов относится процесс магнитно-абразивной обработки (МАО) [1,2]. Этот процесс стабильно обеспечивает получение шероховатости поверхности  $R_a = 0,01 - 0,4$  мкм, температур процесса значительно ниже в сравнении с традиционными методами механической обработки, что способствует образованию качественной структуры поверхностного слоя.

В настоящее время для магнитно-абразивной обработки применяются следующие виды ферроабразивных порошков (ФАП): механические смеси, керметы и литые. Однако для многих видов ФАП характерны многоступенчатость технологии изготовления, а также высокая стоимость конечного продукта.

Поскольку одним из определяющих факторов целесообразности использования любой технологии являются ее экономические показатели, то снижение себестоимости финишной обработки деталей машин имеет важное значение.

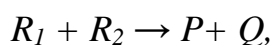
Для используемых ФАП в качестве абразивного компонента применяются в основном тугоплавкие соединения на основе карбидов, оксидов, боридов и силицидов. Поэтому главными достоинствами СВС-метода являются отсутствие больших энергозатрат при достижении высоких температур, простота оборудования, быстрое протекание реакции.

Оригинальность метода заключается в структурной макрокинетике при наличии фазовых превращений, учитывающей прямые и обратные связи между химическими реакциями и процессами переноса. Особенность СВС-метода характеризуется тем, что исходные, конечные, а иногда и промежуточные реагенты находятся в твердом состоянии даже при высоких температурах горения.

Следует отметить, что при исследовании ФАП на основе СВС-метода в качестве абразивного компонента применялись оксид алюминия  $Al_2O_3$  и нитрид кремния  $Si_3N_4$ . Однако эффективность их использования при обработке стали ШХ-15 ГОСТ 801-78 оказалась более низкой в отличие от обработки цветных сплавов (силумин Д16 ГОСТ 21488-76 и медь МЗ ГОСТ 859-78). На основании вышеизложенного в качестве абразивного компонента был выбран  $TiB_2$  и проведены соответствующие его испытания.

Испытания были проведены на установке СФТ 2.150.00.00.000. Параметры и режимы МАО: величина магнитной индукции  $B = 0,9$  Т; скорость резания  $V_p = 1,2$  м/с; скорость осцилляции  $V_o = 0,2$  м/с; амплитуда осцилляции  $A = 1$  мм; коэффициент заполнения рабочего зазора  $K_z = 1$ ; величина рабочего зазора  $\sigma = 1$  мм; размерность зерна ФАП  $\Delta = 160/200$  мкм; время обработки  $t = 90$  с. Измерение величины магнитной индукции в рабочем зазоре производилось при использовании тесламетра Т-3. Образцами для испытаний служили втулки размерами  $D \times d \times l = 36 \times 29 \times 32$  мм, материал – сталь ШХ-15 ГОСТ 801–78, 55–60 HRC. Исходная шероховатость поверхности  $R_a = 0,8-1,2$  мкм. Смазочно-охлаждающее технологическое средство – СинМА-1 ТУ 38.5901176-91, 5%-ный водный раствор. В качестве базового использован Fe-TiC ТУ 88 УССР 147.002-75.

Реакция прямого синтеза из элементов с образованием тугоплавких соединений протекает следующим образом:



где  $R_1 - Ti, Zr, Hf, Nb, Ta$ ;  $R_2 - B, C, N, S$ ;  $P$  – конечный продукт (бориды, карбиды и т. д.);

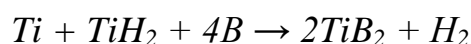
$Q$  – тепловой эффект реакции.

Данные тугоплавкие соединения обладают необходимой энергией связи между атомами, а их многокомпонентное синтезирование путем образования объемного вещества в ходе протекания процесса изготовления указывает на возможность создания экономичных ФАП для МАО.

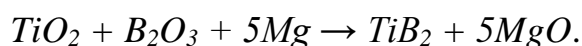
Однако основными трудностями изготовления являются высокая дисперсность реагентов (50–100 мкм), тепловой эффект реакции и реализация полноты тепловыделения. Это связано с тем, что традиционная структура ФАП состоит из абразивного (карбиды, оксиды и т. п.) и магнитного (железо, никель) компонентов. Температура процесса литья

при изготовлении ФАП составляет диапазон 1500—1600 К, в то время как при СВС-методе она равняется 2300—3800 К, что характерно для высокоэкзотермических реакций.

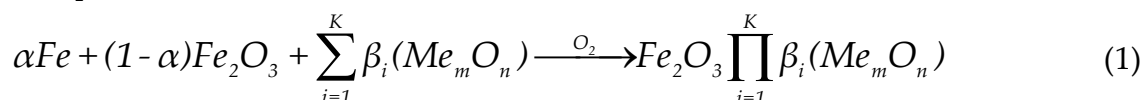
Поэтому главная проблема прикладного характера (именно изготовления ФАП) заключалась в расчете волны горения, установлении ее связи со структурой конечного продукта и определении пределов «твердопламенного горения». Как правило, СВС-продукты характеризуются высоким содержанием основной фазы и низкой концентрацией непрореагировавших компонентов, но в данном случае трудность состояла в определении неизотермического фильтрационного переноса газов по порам твердого вещества. Принцип фильтрационного горения осуществляется путем синтеза с участием следующих соединений:



и восстановительной реакции:



Установлено, как можно получить абразивный компонент, следующий этап заключался в образовании ферромагнитного компонента и его соединений. Это было реализовано путем применения порошков, как чистого железа, так и его оксида. Данные порошки представляют собой одновременно и катализатор следующей реакции:



где  $\alpha$ ,  $\beta_i$  — коэффициенты.

Продукт представляет собой, бесформенный спек, который затем перерабатывается в порошок механическим и (или) химическим способом.

На рис. 1 (а) показана поверхность ФАП, полученная в результате рекристаллизации при использовании СВС-метода и являющаяся режущим контуром.

По сравнению с поверхностью порошка, изготовленной по технологии литья и приведенной на рис. 1 (б), микрорельеф после СВС-метода характеризуется большей шероховатостью.

Однако в результате проведенных исследований установлено, что показатели производительности обработки и ее качества находятся на одном уровне (табл. 1).



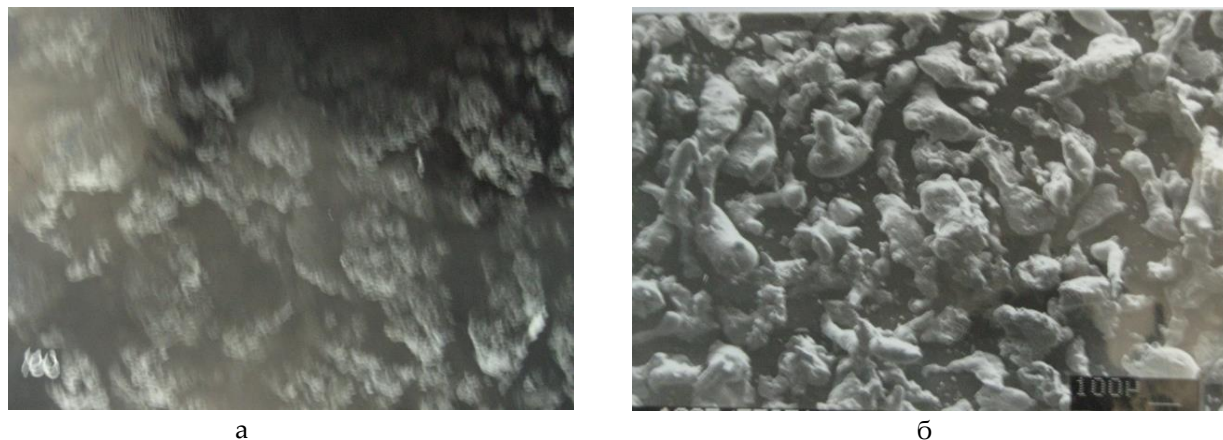


Рисунок 1. Поверхність частиц ферроабразивного порошка на основе СВС-метода (а) и полученного методом литья (б);  $\times 100$ .

Таблица 1. Производительность и качество обработки методом МАО при использовании различных ФАП

Ферроабразивный порошок	Массовый съем $Q$ , мг	Шероховатость поверхности $Ra_2$ , мкм
$Fe-TiB_2$	250-290	0,1-0,2
$Fe-TiC$	240-270	0,15-0,3

Данное обстоятельство объясняется более низким показателем магнитных свойств ФАП на основе СВС-метода ввиду особенностей технологии изготовления. Проверка была осуществлена баллистическим методом на установке мод. БУ-3А и показала, что магнитная проницаемость ФАП на основе СВС-метода на 20% меньше, чем у Fe-TiC. Это вызывается большим содержанием абразивного компонента в общем массовом составе порошка. Таким образом, на основании проведенных испытаний установлено, что ФАП на базе СВС-метода является достаточной и полноценной заменой Fe-TiC при обработке методом МАО закаленных сталей.

В результате проведенных исследований установлено, что применение ферроабразивного порошка, полученного СВС-методом, отличается более низкой себестоимостью изготовления по сравнению с традиционно используемыми\* порошками при МАО термообработанных ( $>50$  HRC) сталей.

#### Список литературы

1. Барон, Ю.М. Физические основы работы магнитно-абразивных материалов / Ю.М. Барон // Магнитно-абразивные материалы и методы их испытания. – Киев: ИПМ АН УССР, 1980. – С. 10-17.
2. Сакулевич, Ф.Ю. Основы магнитно-абразивной обработки / Ф.Ю. Сакулевич. – Мн.: Наука и техника, 1981. – 326 с

## ДО РОЗРАХУНКУ ДЕТАЛЕЙ І СПРЯЖЕНЬ МАШИН НА ДОВГОВІЧНІСТЬ

Колісник В.А.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Блезнюк О.В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Використання аналітичних співвідношень теорії зношування матеріалів [1, 2], що зв'язують інтенсивність зношування з фізико-механічними властивостями матеріалу, параметрами навантаження, характеристиками середовища, в якому працюють сполучення тощо, а також облік конструктивних форм останніх [3] є необхідними, але недостатніми передумовами: розрахунку деталей і сполучень на довговічність. Це пояснюється тим, що ресурс однойменних сполучень володіє значною дисперсією, що викликано як природою процесу зношування, так і зовнішніми факторами (варіації фізико-механічних властивостей матеріалу, умов роботи). Відповідно, при розрахунку і аналізі довговічності необхідним є врахування факторів, що впливають на інтенсивність зношування і призводять до значних втрат довговічності при роботі сполучень в реальних умовах експлуатації [4, 5]. Так в роботі [6] наводяться результати досліджень, що дозволили оцінити вплив випадкових варіацій навантаження на зниження ймовірності безвідмовної роботи підшипників ковзання.

Для абразивного зношування зв'язок між зносом і напрацюванням для даного матеріалу деталі, абразивного середовища та постійної питомого навантаження і швидкості тертя характеризується залежністю, яку можна представити у вигляді функції, яка являє собою математичне сподівання випадкової функції процесу зношування в період сталої швидкості зношування:

$$Y(t) = a + bt, \quad (1)$$

де  $Y(t)$  – лінійний знос деталі або зазор у сполученні;

$a$  і  $b$  – деякі постійні;

$t$  – час зношування (напрацювання).

Якщо врахувати варіювання випадкової величини зносу, то залежність, яка визначає його верхню довірчу межу, при нормальному розподілі зносів може бути представлена у вигляді:

$$Y(t) = a + bt + U_\gamma \sigma_y, \quad (2)$$

де  $U_\gamma$  – квантиль нормального розподілу;

$\sigma_y$  – середнє квадратичне відхилення випадкової величини зносу в припущенні, що  $\sigma_y = const$ , тобто не залежить від часу  $t$ . Ця умова не порушує загальності, але спрощує подальший аналіз.

Кожен з членів правій частині рівняння (2) залежить від деякої суми основних факторів: вільний член  $a$  залежить від конструктивно-технологічних факторів, що впливають на форсування зносу в початковий період; кутовий коефіцієнт  $b$  - визначає середню швидкість усталеного зношування і залежить від характеристик матеріалу і зовнішніх умов роботи спряження; величина  $\sigma_y$  пов'язана з мінливістю обох груп факторів.

Якщо у виразі (2) покласти  $a = 0$  і  $\sigma_y = 0$ , то отримуємо початкове або номінальне рівняння зносу:

$$Y(t) = bt. \quad (3)$$

Номінальне рівняння зносу (3) характеризує динаміку абразивного зношування зразків матеріалу деталей для деяких фіксованих умов лабораторних випробувань, при яких відсутня мінливість у часі зовнішніх факторів зношування (швидкість тертя, абразивна середовище, питоме навантаження) і фізико-механічні властивості матеріалу при переході від одного зразка до іншого залишаються постійними, точніше кажучи, мінливість параметрів випробувань така, що нею можна знехтувати.

При відомому значенні граничного зносу та швидкості зношування можна обчислити час його досягнення для цих умов, визначає номінальну довговічність зразка:

$$t_H = \frac{Y_{ГР}}{b_H}, \quad (4)$$

де  $Y_{ГР}$  – граничний знос;

$b_H$  – номінальна швидкість зношування.

Величина  $t_H$  має сенс детермінованого показника довговічності, в якому не враховані характер конструктивної форми деталей спряження і мінливість факторів, що впливають на знос. З рис. 1 видно, що в результаті впливу ряду факторів в реальних умовах роботи спряження час досягнення граничного зносу з заданою довірчою ймовірністю, тобто гамма - процентний ресурс  $t_\gamma$  на деяку величину менше номінального значення параметра довговічності  $t_H$ .

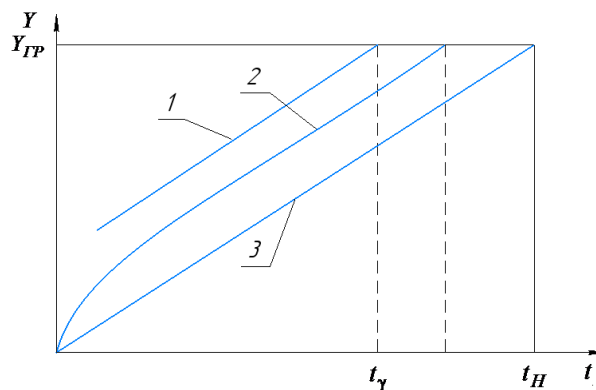


Рисунок 1. Схема до визначення номінальної довговічності:

$$1 - Y = a + b_H t + U_\gamma \sigma_y; 2 - Y = a + b_H t; 3 - Y = b_H t$$

При експериментальних роботах по розробці конструктивно – технологічних заходів, спрямованих на підвищення довговічності виробів, виникає необхідність оцінки ефективності внесених змін, за допомогою коефіцієнт ефективності, який визначається як відношення:

$$K_E = \frac{t_{\gamma_2}}{t_{\gamma_1}} = \frac{\eta_{Д_2}}{\eta_{Д_1}}, \quad (5)$$

де  $\eta_{Д}$  – коефіцієнт номінальної довговічності, а індекси 1 і 2 відносяться до параметрів порівняльних, наприклад, серійних і експериментальних сполучень відповідно. Така оцінка ефективності має конкретний кількісний характер і дозволяє проводити необхідний аналіз для прийняття відповідних рішень.

При дотриманні подібності виникнення відмови в процесі прискорених і експлуатаційних випробувань [7] коефіцієнт ефективності може розглядатися як коефіцієнт прискорення, коефіцієнт переходу. Це положення, зокрема, створює передумови для розробки відповідних схем планування випробувань на зношування.

#### Список літератури

1. Хрущев М.М., Бабичев М.А. Исследование изнашивания металлов. – М.: АН СССР, 1980. – 171 с.
2. Проников А.С. Надёжность машин. – М.: Машиностроение, 1978. - 592 с.
3. Козаченко О.В., Блезнюк О.В. Дослідження зношування як методу формування зубчастого леза. *Технічний сервіс машин для рослинництва. Вісник ХНТУСГ.* – Харків: Віронець А.П. «Апостроф», 2013. – Вип. 134. – С. 305 – 310.
4. Блезнюк О.В., Білаш О.В. Ефективність пар тертя технічного призначення. *Технічний сервіс машин для рослинництва. Вісник ХНТУСГ.* – Харків: Віронець А.П. «Апостроф», 2014. – Вип. 145. – С.38 – 45.
5. Козаченко О.В., Блезнюк О.В. Зовнішнє навантаження як чинник впливу на надійність сільськогосподарських машин. *Технічні системи і технології тваринництва. Технічний сервіс машин для рослинництва. Вісник ХНТУСГ.* – Харків: Віронець А.П. «Апостроф», 2016. – Вип. 170. – С. 119 – 123.
6. Блезнюк О.В., Блезнюк В.М., Кравченко О.С. Стенд для визначення ресурсних показників складових елементів машин. *Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України. Машини і засоби механізації* – Київ: НУБіП, 2010. – Вип. 144. – Ч. 2. – С 221 – 225.
7. Анилович В.Я., Сычев И.П. К определению коэффициента перехода от результатов стендовых испытаний к результатам испытаний в эксплуатационных условиях. - *Вестник машиностроения, 1969, № 6.* – С. 28 – 30.

## ІМІТАЦІЙНЕ ПРИСКОРЕННЯ ВИПРОБУВАННЯ ТЕХНІКИ З ОБЕРТОВИМИ МЕХАНІЗМАМИ

Сірко І.І.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Дмитрів В.Т.

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*м. Львів, Україна*

Робота обертових елементів і механізмів машин в умовах експлуатації характеризується великою кількістю чинників, які діють на них. Із зазначеної кількості цих чинників можна виділити основні, які створюють вагомий вплив на навантажувальні режими вузлів і деталей машин: деформація несучої (рамної) системи яка пов'язана з динамікою системи; часті вмикання-вимикання трансмісії; забивання робочих органів технологічними матеріалом, що призводить до перевантаження; параметричні збурення, які виникають внаслідок деформації геометрії елементів механізму. Тому виникає необхідність проведення прискорених випробувань елементів машини на спеціалізованих стендах в умовах наближених до реальних і виявити дефекти та чинники які спричиняють їх. Це можливо при поєднанні імітаційних моделювань з використанням стендових випробувань.

Стенд для проведення прискорених імітаційних випробувань повинен забезпечувати відтворення режимів роботи близьких або рівних режимам що відповідають експлуатації, а саме: регулярних перемінних навантажень, які виникають внаслідок дії внутрішніх та зовнішніх чинників, що носять періодичних характер; епізодичних імпульсних і ударних навантажень, що виникають в результаті включення-виключення привода машин; деформації несучої системи (рами) що зв'язаних внаслідок дії зовнішніх чинників на ходові та копіювальні колеса; параметри динамічної системи «стенд-машина» повинні бути максимально приближеними до параметрів реальної системи «поле-машина».

Механічна система трансмісії машини складається із ланок з кінцевими жорсткими з'єднаннями і масами які при виконанні технологічного процесу приводять до неперервного перерозподілу кінетичної і потенційної енергій тобто до виникнення обертових коливань, що прямим чином впливають на довговічність як окремих елементів так і машини в цілому. Розглянемо приведену систему «стенд-машина» з двома ступенями вільності в якій маса  $U_1$ , представляє собою махову масу обертових частин двигуна і трансмісії машини, приведена до ведучого валу ВОП, і маса  $U_2$ , представляє собою махову масу трансмісії випробуваної машини. Ці ступені вільності зв'язані між собою податливим елементом з приведеними коефіцієнтами жорсткості  $K$  і демпферування коливань  $C$ , які еквівалентні відповідним коефіцієнтам реальної системи «машина-стенд випробування».

Збурюючий момент представимо у вигляді першої гармоніки розкладання в ряд Фур'є:

$$M = \Delta M \cdot \sin(\omega t), \quad (1)$$

де  $M$  – збурюючий момент;

$\Delta M$  – амплітуда коливань збурюючого моменту;

$\omega$  – циклічна частота;

$t$  – дійсний час.

З розглядуваної приведенної динамічної системи, знаходимо

$$Y_1 \ddot{\varphi}_1 + C(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + K(\varphi_1 - \varphi_2) = \Delta M \sin(\omega t), \quad (2)$$

$$Y_2 \ddot{\varphi}_2 - C(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) - K(\varphi_1 - \varphi_2) = 0, \quad (3)$$

де  $\varphi_1$  і  $\varphi_2$  – кути скручування відповідних махових мас  $Y_1$  і  $Y_2$ .

Відповідно до умови визначимо відносний кут скручування махових мас із рівнянь (2) та (3)

$$\Psi = \varphi_1 - \varphi_2, \quad (4)$$

де  $\Psi$  – відносний кут скручування махових мас.

Визначаємо амплітуду крутильних коливань системи для застabilізованого режиму

$$\Delta P = \frac{Y_2}{Y_1 + Y_2} \cdot \frac{\Delta M}{\sqrt{(C\omega)^2 + \left(K - \frac{Y_1 \cdot Y_2}{Y_1 + Y_2} \cdot \omega^2\right)^2}} \cdot \sin(\omega t - \varphi), \quad (5)$$

де  $\Delta P$  – амплітуда крутильних коливань системи;

$\varphi$  – різниця фаз між збурюючим чинником і відносним переміщенням мас системи.

Амплітуда моменту опору, діючого на валу, що з'єднує махові маси  $Y_1$  та  $Y_2$ , визначаючого навантажувальний режим трансмісії і випробувальної машини вираховується із рівняння:

$$\Delta M_c = \frac{K \cdot Y_2}{Y_1 + Y_2} \cdot \frac{\Delta M}{\sqrt{(C\omega)^2 + \left(K - \frac{Y_1 \cdot Y_2}{Y_1 + Y_2} \cdot \omega^2\right)^2}}. \quad (6)$$

Рівняння (6) визначає залежність амплітуди моменту опору на ведучому валу трансмісії і випробовуваної машини від частоти  $\omega$  та амплітуди  $\Delta M$  зовнішнього збурюючого чинника та параметрів динамічної системи, використано при виборі параметрів приводу випробувального (імітаційного) стенду.

Стенд дозволяє імітувати: а) нерівності дороги; б) коливні навантаження за імітації руху машини; в) динамічні навантаження на обертові механізми; г) статичні навантаження за допомогою підпружинених роликів, встановлених по колу обертових коліс; д) імітувати складний режим руху машини.

#### Список літератури

1. Ланець О. Основи розрахунку та конструювання вібраційних машин. – Львів: В-цтво Львівської політехніки, 2018. – 612 с.

2. Дмитрів В.Т., Вантух З.З., Дмитрів І.В. Об'ємні гідроприводи. Будова й особливості функціонування. - Київ : Видавничий дім «Кондор». – 184 с.

## ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ТОЧІННЯ КІБОРІТОМ НА РАДІУС КРИВИНИ ВЕРШИН НЕРІВНОСТЕЙ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ НАПЛАВЛЕННЯ

Данець М.В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Рідний Р.В.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Навантаження на деталі машин сприймаються і передаються через контактні приповерхневі шари рухомих і нерухомих з'єднань сполучених деталей. У зв'язку з цим поверхні цих деталей перебувають під найбільшою механічною напругою, а експлуатаційні характеристики деталей багато в чому залежать від фізико-механічного стану приповерхневих шарів.

Формування властивостей поверхневих шарів відбувається в основному в процесі механічної обробки [1]. Слід мати на увазі й те, що технологічний шлях забезпечення необхідних якостей поверхневого шару є в значній мірі більш економічним, так як він не вимагає додаткового обладнання та спеціальних технологічних операцій, часто пов'язаних з великою витратою енергії. У зв'язку з цим не втрачають своєї актуальності питання технологічного забезпечення заданої якості поверхонь оброблених деталей.

Величина радіусів кривини вершин нерівностей ( $r$ ) залежить в основному від способу обробки і властивостей оброблюваного матеріалу. Однак, в деяких межах, на форму утворення поверхонь можна впливати зміною умов обробки: швидкості різання і подачі. Впливає на їх форму і величина зносу інструменту.

Збільшення радіусів кривини вершин нерівностей позитивно впливає на несучу здатність поверхні, темп її приробітки, зносостійкість, товщину масляної плівки, що утворюється при змащуванні. Особливе значення радіуси кривини нерівностей мають саме для деталей, що працюють в парі з гумовим ущільненням. Гострі нерівності з малими  $r$  дряпають гумове ущільнення, сприяючи його інтенсивному зношуванню. Дослідження радіусів кривини вершин нерівностей проводилися на відновлених, електродуговим наплавленням, штоках гідроциліндрів. Наплавлення виконувалася дротом Нп-30ХГСА в середовищі вуглекислого газу. Чистове точіння виконували різцями із кіборіту з круглими пластинами  $d = 7$  мм і кутами різання  $\gamma = -10^\circ$ ,  $\alpha = 10^\circ$ . Досліджувалися вплив швидкості різання  $V$  (м/с), подачі  $S$  (мм/об) та зношування різця по задній поверхні  $h_z$  (мм). Параметри мікрогеометрії досліджувалися по профілограмам, які були записані на профілографі-профілометрі «Talysurf-4» [2].

Оптимізація параметру мікрогеометрії, радіусів кривини вершин нерівностей  $r$ , проводилися з використанням планування експерименту. Для створення математичної моделі був обраний рототабельний план другого порядку на три фактори (табл. 1).

Таблиця 1. Кодування факторів при оптимізації параметра радіусу кривини вершин нерівностей  $r$

Інтервал варіювання і рівень факторів	Швидкість різання $V$ , м/с	Подача $S$ , мм/об	Зношування різця по задній поверхні $h_z$ , мм
	$X_1$	$X_2$	$X_3$
Нульовий рівень $x_i=0$	2,1	0,12	0,20
Інтервал варіювання $\delta_i$	0,40	0,02	0,10
Нижній рівень $x_i=-1$	1,70	0,10	0,10
Верхній рівень $x_i=+1$	2,50	0,14	0,30
Зоряні точки $x_i=-1,682$	1,40	0,09	0,03
$x_i=+1,682$	2,80	0,15	0,37

Таблиця 2. План - матриця експерименту при оптимізації параметра радіусу кривини вершин нерівностей  $r$

N п/п	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$V$ , м/с	$S$ , мм/об	$h_z$ , мм	$r$ , мкм
1	-	-	-	1,70	0,10	0,10	15
2	+	-	-	2,50	0,10	0,10	21
3	-	+	-	1,70	0,14	0,10	17
4	+	+	-	2,50	0,14	0,10	23
5	-	-	+	1,70	0,10	0,30	35
6	+	-	+	2,50	0,10	0,30	34
7	-	+	+	1,70	0,14	0,30	17
8	+	+	+	2,50	0,14	0,30	35
9	-1,682	0	0	1,40	0,12	0,20	17
10	+1,682	0	0	2,80	0,12	0,20	28
11	0	-1,682	0	2,10	0,09	0,20	12
12	0	+1,682	0	2,10	0,15	0,20	17
13	0	0	-1,682	2,10	0,12	0,03	26
14	0	0	+1,682	2,10	0,12	0,37	7
15	0	0	0	2,10	0,12	0,20	15
16	0	0	0	2,10	0,12	0,20	16
17	0	0	0	2,10	0,12	0,20	15
18	0	0	0	2,10	0,12	0,20	15
19	0	0	0	2,10	0,12	0,20	14
20	0	0	0	2,10	0,12	0,20	15

За результатами проведених експериментів (табл. 2) і проведених розрахунків були отримано рівняння регресії.

$$r = 14,78 + 3,478X_1 - 0,336X_2 + 0,955X_3 + 2,375 X_1 X_2 + 0,625 X_1 X_3 - 2,625 X_2 X_3 + 4,051X_1^2 + 1,221X_2^2 + 1,929X_3^2$$

Аналіз отриманих результатів досліджень дозволяє визначити взаємозв'язок радіусів кривини вершин нерівностей поверхні з режимами точіння та оптимізувати їх.

#### Список літератури

1. Коломієць В.В. Научні основи теорії обробки неоднорідних наплавлених матеріалів: Дис...д.т.н. – Київ: КПІ, 1993. – 474 с.
2. Ридный Р.В. Влияние параметров процесса точения киборитом на нестандартные характеристики микрогеометрии поверхностного слоя наплавленного проволокой Нп-30ХГСА. // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Випуск 14. – Харків: ХДТУСГ, 2003. – с. 286-290.



## ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ МОБІЛЬНИХ МАШИН СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Мікла І. А.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Антощенко Р. В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Проблема створення вимірювальних систем параметрів функціонування мобільних машин сільськогосподарського призначення з'явилася практично одночасно зі створенням трактора. Спочатку вимірювальні системи були призначені для підвищення експлуатаційних якостей машинно-тракторних агрегатів та базувались в основному на механічних лічильно-обчислювальних елементах [1]. Недостатня точність даних пристроїв не дозволяє ефективно їх використовувати на тракторах при підвищених швидкостях руху. Раніше була доведена перспективність досліджень за оптимального керування тракторним агрегатом за допомогою самоналагоджувальних систем. У даній роботі вперше була оцінена динаміка тягового ККД трактора, що дозволяє оптимізувати режими його роботи при неусталеному навантаженні.

Дослідження динаміки функціонування машинно-тракторних агрегатів потребують визначення параметрів стану машини як у цілому, так і окремих її елементів у тому числі енергетичних показників. Для експериментальних досліджень науковцями розроблялись вимірювальні пристрої та системи. Деякі з них є універсальними, інші спеціалізованими. Використовуються системи, які зчитують параметри функціонування з діагностичних інтерфейсів та віртуальні системи.

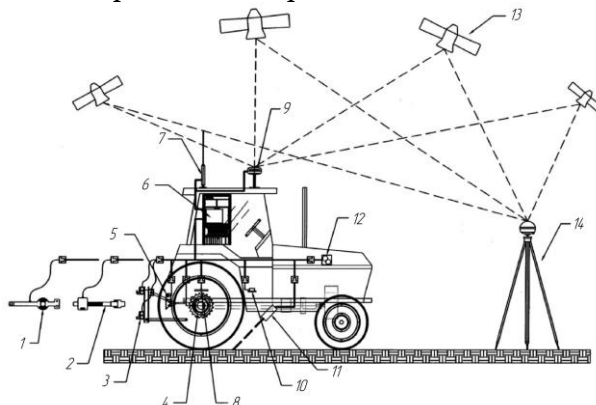
В ФГНУ «РосНІИТіМ» розроблено вимірювальну інформаційну систему ИП-256М для виміру та розрахунків даних при енергетичних і тягових випробуваннях тракторів та сільськогосподарських машин.

Вимірювальна система має обмежену кількість аналогових (спеціалізованих) каналів, до яких можуть бути приєднані датчики температури, тензометричні ланки та 8 дискретних входів.

Наразі виробниками напівпровідникових приладів створено достатню кількість датчиків фізичних величин, тому для інформаційної системи ИП-256М достатньо лише аналогово-цифрового перетворювача та мікроконтролера.

Групою науковців розроблено систему збору та обробки даних, що базується на промисловому персональному комп'ютері Dewe-2010 PC. Запропонована система збору даних включає систему глобального позиціонування з диференціальним корегуванням (DGPS-RTK) завдяки базовим станціям. При цьому обробка та збереження даних цією системою відбувається в реальному часі. Такою

вимірювальною системою оснащували трактор Massey Ferguson 3060 (рис. 1). Додатковими особливостями даної системи є конструкція датчика тягового зусилля та датчика крутного моменту на колесах трактора, що потребують втручання в конструкцію трактора та використання дорожньої системи DGPS-RTK.



**Рисунок 1. Розташування датчиків вимірювальної системи Dewe-2010 PC на тракторі Massey Ferguson 3060:**

1 – датчик тягового зусилля; 2 – датчик крутного моменту ВВП; 3 – трьохточковий датчик зусилля в навісці; 4 – датчик крутного моменту на колесах; 5 – датчик глибини обробки ґрунту; 6 – вимірювальна система Dewe-2010 PC; 7 – радіо модем; 8 – датчик швидкості обертання колеса; 9 – антена DGPS; 10 – датчик кутів нахилу трактора; 11 – датчик дійсної швидкості руху; 12 – датчик витрати палива; 13 – супутник GPS; 14 – базова станція DGPS

Достатня кількість датчиків, установлених на трактор, дозволила визначити: географічне положення машини, параметри місцевості, якість обробки ґрунту та тягові характеристики трактора. Система збору даних на базі комп'ютеру Dewe-2010 PC є одноразовою розробкою та використовується лише на одному тракторі.

Для визначення поздовжніх, бокових і вертикальних прискорень у процесі рухання з місця і розгону сільськогосподарського агрегату кафедра тракторів і автомобілів ХНТУСГ ім. П. Василенка та кафедра технології машинобудування і ремонту машин ХНАДУ розробили мобільний вимірювальний комплекс, який складається з давачів прискорень Freescale Semiconductor мод. MMA7260QT і ноутбука для обробки та зберігання даних, отриманих під час експерименту.

Як датчики у мобільному вимірювальному комплексі використовуються MEMS акселерометри. Мікроелектромеханічні системи (MEMS) – пристрої, що об'єднують у собі мікроелектронні та мікромеханічні компоненти. Популярність MEMS акселерометрів і гіроскопів обумовлена їх великим потенціалом для використання як у побутовій, так і в промисловій техніці.

#### Список літератури

1. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоелементних машинно-тракторних агрегатів: монографія. Х.: ХНТУСГ. «Міськдрук», 2017. 244 с.

Секція 3

«Вдосконалення технологій  
і засобів механізації при  
виробничій експлуатації машин»

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ МЕХАНІЗМУ ОБЕРТАННЯ ПЛУНЖЕРІВ ПАЛИВНИХ НАСОСІВ РОЗПОДІЛЬНОГО ТИПУ

Марченко М.М.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Калінін Є.І.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

В даний час в господарстві широкого поширення набули паливні насоси розподільного типу. У зв'язку з тенденцією переходу автомобільного парку країни на дизельні двигуни, з ростом кількості тракторів і комбайнів, на які встановлюються дизельні двигуни з насосами даного типу, в подальшому їх роль ще більше зростає. З цієї причини постає завдання не тільки збільшення випуску таких насосів, але і правильної їх експлуатації і ремонту.

Вивчення питання ремонту насосів даного типу показало, що ремонт їх зводиться, в основному, до заміни насосних секцій високого тиску. При відсутності явних дефектів, помітних при візуальному огляді, таких як поломка зубів шестерень, зріз шпонок, пошкодження різьби, руйнування підшипників, тощо, механізм обертання плунжерів встановлюється на відремонтований насос без спеціального контролю стану його елементів або ж його стану в цілому.

Установка на відремонтований насос нових насосних секцій в поєднанні зі зношеним механізмом обертання плунжерів без урахування його стану може не дати належного очікуваного ефекту і можливості (рівномірність подачі палива по циліндрах, стабільність циклової подачі, швидкісні характеристики, ресурс і інше), які закладені в нових насосних секціях, можуть бути не повністю реалізовані.

Механізм обертання плунжерів у даних насосів включає чотири циліндричних і одну конічну пари шестерень, пару у вигляді плоского паза для передачі обертання від кулачкового до ексцентрикового валу, і два прямокутних спряження для безпосередньої передачі обертання плунжерів від зубчастих втулок. В ході експлуатації насоса кожна зубчаста пара в сполученні зношується, що веде до збільшення мертвого ходу механізму обертання плунжерів. При цьому узагальнюючим показником, що характеризує стан механізму обертання плунжерів, може бути величина мертвого ходу плунжерів. Знаючи граничне і допустиме значення мертвого ходу плунжерів, можна зробити відповідні висновки про доцільність подальшої експлуатації або ремонту механізму приводу.

Мертвий хід плунжерів замірявся за наступною схемою (рис. 1). На автоматичну муфту випередження впорскування палива встановлювався градусний диск з ціною поділки 1 град. Проти градусного диска встановлювалася

нерухома стрілка, яка закріплювалася на установчій плиті насоса. Попередньо видаливши у відповідній втулці 1 плунжера 2 три штуцера і пробку, на втулку 1 встановлювався корпус 3 пристосування з рухомим кільцем 4. На осьовий отвір плунжера 2 встановлювалася Г-подібна стрілка 5. Спеціальним воротком кулачковий вал насоса провертався проти годинникової стрілки на 360 град для вибору люфту в механізмі обертання. Поворот контролювався по нерухомій стрілці і градусному диску на муфті. Після цього рухоме кільце 4 встановлювалося нанесеною на ньому нульовою рисою проти покажчика 6 Г-образної стрілки. Для зручності спостереження Г-подібну стрілку необхідно встановити на плунжер таким чином, щоб вона після повороту кулачкового валу проти годинникової стрілки на 360 град була приблизно по вісі насоса в бік спостерігача. Провертаючи кулачковий вал на 360 град за годинниковою стрілкою до тих пір, поки Г-подібна стрілка не стане знову проти нульової риски на рухомому кільці 4, фіксували по градусному диску нове відносне положення нерухомої стрілки і градусного диска.

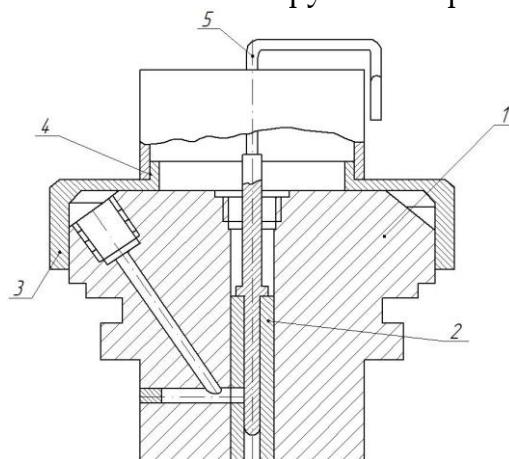


Рисунок 1. Схема виміру мертвого ходу плунжера

1 – втулка; 2 – плунжер; 3 – корпус пристосування; 4 – кільце рухоме; 5 – стрілка Г-подібна;  
6 – покажчик Г-подібної стрілки;

Через наявність люфту в механізмі обертання плунжерів початкове і нове відносне положення нерухомої стрілки і градусного диска не збігаються. Різниця початкового і нового положення нерухомої стрілки по градусному диску вказує на величину мертвого ходу відповідного плунжера в градусах. Оскільки передавальне відношення від кулачкового валу до плунжера першої і другої насосних секцій дорівнює одиниці, то додаткового перерахунку не потрібно.

#### Список літератури

1. Білоконь Я.Ю. Трактори та автомобілі: Підручник / Я.Ю. Білоконь, А.І. Окоча, С.О. Войцехівський. – К: Вища освіта, 2003.
2. Эксплуатационная технологичность конструкций тракторов / В.М. Михлин, К.И. Диков, В.М. Стариков и др. / Под общ. ред. Н.Ф. Чухчина и В.М. Старикова. – М.: Машиностроение, 1982. – 256с.

## ДО ПИТАННЯ ПЕРЕВІРКИ ГІДРАВЛІЧНОЇ ЩІЛЬНОСТІ ПЛУНЖЕРНИХ ПАР

Задерихін Є.М.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Кухтов В.Г.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Стан плунжерних пар паливних насосів дизельних двигунів перевіряють шляхом вимірювання гідравлічної щільності.

Багато дослідників вказують на відсутність зв'язку між зазором в плунжерній парі і її гідрощільністю, пояснюючи це дією випадкових факторів, що надають домінуючий вплив на результати випробування. Взамін гідравлічній щільності запропоновано кілька способів, заснованих на вимірі тиску і подачі палива. Їх пропонується використовувати головним чином для діагностики плунжерних пар на ремонтних підприємствах.

У цій роботі зроблена спроба якісної оцінки способу вимірювання гідравлічної щільності плунжерних пар і впливу останньої на максимальний тиск і подачу палива при різних значеннях активного ходу і швидкості плунжера при випробуваннях.

В якості змінного фактору прийнята гідрощільність при початковому положенні плунжера, як результативного фактора – показники гідрощільності при інших положеннях плунжера, а також показники тиску, пускові подачі і подачі по двох точках швидкісної характеристики. Обробка отриманого експериментального матеріалу виконана в два етапи, спочатку узагальнені дані про взаємозв'язок показників гідрощільності, потім – про зв'язок показників тиску і подачі з гідрощільністю в початковому положенні.

Для обробки експериментальних даних використовували математичний апарат кореляційного аналізу. Відомо, що кореляція між фізичними величинами тим вище, чим менше важить вплив випадкових факторів, тому при значимо високих коефіцієнтах парної кореляції зазначених величин і близької відповідності, допускалося прийнятим припущення про стабільність способу. Нами прийнято, що гідрощільність досить достовірно кількісно характеризує стан плунжерних пар, оскільки достовірно встановлюється певна тенденція: більш високим значенням гідрощільності відповідають більш високі значення подач, тощо.

Попередній аналіз експериментального матеріалу показав, що зміни результативних факторів не завжди прямо залежать від змін змінного фактору і не

завжди зміни змінного фактору викликають еквівалентні зміни результативних факторів, в зв'язку з чим обробка виконана з використанням методу рангових кореляцій.

Коефіцієнти кореляції отримані на основі обмеженої вибірки з більш численної сукупності, в якості якої в нашому випадку виступає кількісно невизначений ремонтний фонд. Тому було дуже важливо виконати оцінку ступеня надійності, з якою можна покладатися на висновок про те, що в генеральній сукупності також існують кореляції, якщо отриманий деякий вибірковий коефіцієнт кореляції.

Попередню оцінку суттєвості коефіцієнта кореляції  $i$ , отже, залежність досліджуваних величин можна виконати за абсолютним значенням суми приписуваних значень рангів.

В роботі визначили мінімальне і максимальне значення, в межах яких з імовірністю 95% знаходяться дійсні значення коефіцієнтів парної кореляції розглянутих величин.

Всі значення коефіцієнтів кореляції виявилися суттєвими і досить високими, що підтверджує наявність взаємного зв'язку між показниками гідроциліндрності, обумовленими для різних положень плунжера.

Оцінка стабільності і взаємозв'язку показників гідроциліндрності може виявитися неповною, якщо не з'ясувати, наскільки узгоджені між собою результати всіх випробувань.

Високі значення коефіцієнтів кореляції дозволяють зробити висновок, що випробування на гідроциліндрність при різних кутах повороту плунжера дають узгоджені результати. Якби коефіцієнти кореляції розрізнялися значно, то це вказувало б на те, що гідроциліндрність піддається впливу погано враховуючих випадкових причин. У наших дослідах вдалося забезпечити сталість умов випробувань, а саме: стану приладу, температури, в'язкості суміші, послідовності дій, зусиль затягування п'яти, повторності, тощо.

Таким чином, якщо в результаті повороту плунжера змінюється зазор в зонах, прилеглих до наповнювальних і відсічних вікон втулки, і зростає активний хід, то цю зміну технічного стану пари можна діагностувати на гідроциліндрність при строгому дотриманні сталості умов випробування та відповідній кваліфікації виконавця.

#### Список літератури

1. Эксплуатационная технологичность конструкций тракторов / В.М. Михлин, К.И. Диков, В.М. Стариков и др. / Под общ. ред. Н.Ф. Чухчина и В.М. Старикова. – М.: Машиностроение, 1982. – 256с.

## ДИНАМІЧНА НАВАНТАЖЕНІСТЬ ХОДОВОЇ СИСТЕМИ АГРЕГАТУ ЗМІННОЇ МАСИ

Попов Є.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Кожушко А.П.

*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут»*

*м. Харків, Україна*

Під терміном «агрегат змінної маси» розуміється сільськогосподарський агрегат, в якому при русі спостерігається перерозподіл маси. Найбільш явним агрегатом змінної маси є тракторна цистерна, в якій, навідмінно від автомобільної (чи залізничної) цистерни, відсутні внутрішні перегородки, які виконують роль перешкоджання перетікання рідини.

Динамічна навантаженість – це показник, який характеризує вплив зовнішніх та внутрішніх збурювальних сил на динамічні властивості системи транспортного засобу. Якщо досліджуваною системою є ходова система, тоді динамічні властивості характеризуються зміною сил, які діють на невіднесений частину остова (рами) транспортного засобу. Відмітимо, що динамічний вплив можна розглядати та оцінювати по різному у відповідності до поставлених задач. Показник динамічної навантаженості, по своїй суті, є «перехідним», тобто він характеризує коливальний рух системи, а також надає вихідні дані щодо подальших розрахунків на надійність вузлів та агрегатів транспортного засобу.

На основі робіт [1, 2] сформуємо динамічну модель, яка дозволить визначити динамічну навантаженість ходової системи двовісної напівпричіпної цистерни при різній її наповненості рідиною. На рис. 1 показано результати моделювання динамічної навантаженості передньої вісі напівпричіпної цистерни (для задньої вісі результати будуть варіюватись в межах 1%).

Аналізуючи отриманий результат визначено, що при умові  $1,6 \leq H \leq 0,8$  зберігається підвищене значення величини динамічної навантаженості на ходову систему, а з подальшим зменшенням рівня рідини в цистерні – зменшується і величина динамічної навантаженості. Пікові значення величини динамічної навантаженості ходової системи напівпричіпної цистерни пояснюються домінуванням маси агрегату над масою колісного трактора. Як видно з рис. 1 залежно від наповненості рідиною напівпричіпної цистерни пікові



значення спостерігаються в діапазоні від технологічних (10 км/год) до транспортних швидкостей (16 км/год). Тому при конструюванні (або модернізації) ходових систем напівпричіпних цистерн необхідно проводити комплексне дослідження при підборі пружних та дисипативних елементів підвіски.

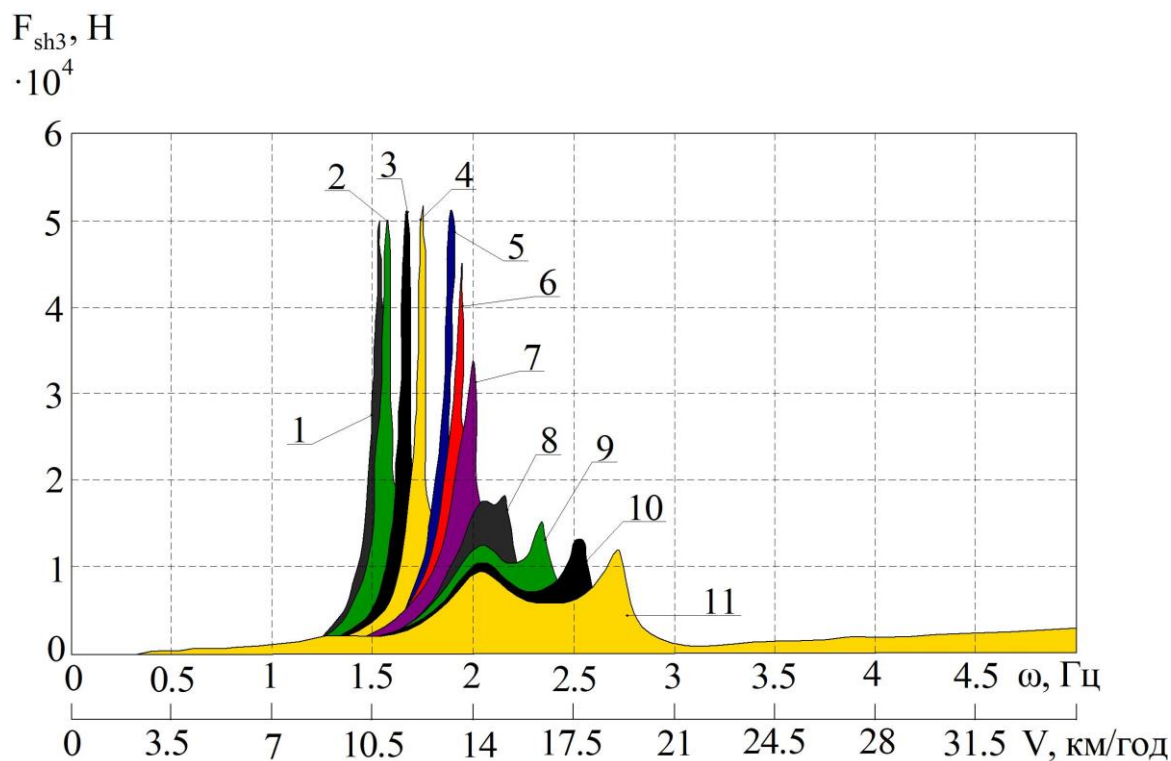


Рисунок 1. Амплітудно-частотна характеристика величини динамічної навантаженості ходової системи напівпричіпної цистерни 10т з різним рівнем наповненості  $H$  від частоти зовнішнього збурення  $\omega$  (швидкості руху  $V$ ):

1 –  $H = 1,6$  м; 2 –  $H = 1,4$  м; 3 –  $H = 1,15$  м; 4 –  $H = 1$  м; 5 –  $H = 0,8$  м; 6 –  $H = 0,73$  м; 7 –  $H = 0,65$  м; 8 –  $H = 0,5$  м; 9 –  $H = 0,35$  м; 10 –  $H = 0,2$  м; 11 –  $H = 0$  м

#### Список літератури

1. Кожушко А.П., Григор'єв О.Л. Моделювання пов'язаних коливань колісного трактора та цистерни з рідиною на прямому шляху зі складним рельєфом. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*, № 27 (1303), 2018, С. 34-61.

2. Мамонтов А.Г., Кожушко А.П., Ребров О.Ю. Формування математичної моделі динамічної навантаженості ходової системи колісного трактора з напівпричіпним агрегатом. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*, № 1, 2019, С. 29-41.

## ПІДВИЩЕННЯ МІЖРЕМОНТНОГО РЕСУРСУ ЧАВУННИХ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ

Мухортов С.М.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Сайчук О.В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

У сучасних умовах на засоби, які потрібні для придбання однієї нової машини, можна відремонтувати 3...5 несправних; протягом найближчих 3 років вони можуть виконувати обсяг робіт в 2...4 рази більший, ніж одна нова машина. Таким чином, у цей час особливо важливим завданням є підтримка наявної техніки в справному стані, шляхом розробки та впровадження найбільш ефективних, і при цьому менш витратних методів відновлення базових деталей. Колінчастий вал (КВ) двигуна – одна з основних деталей, яка визначає разом з іншими деталями шатунно-поршневої групи ресурс двигуна в цілому. Технологічні процеси, розроблені для відновлення сталевих КВ, виявилися неприйнятними для чавунних - через зміну умов експлуатації, і внаслідок властивих цьому матеріалу специфічних властивостей. У теперішній час організовано масове виробництво литих валів для дизельних двигунів СМД. Крім того, виробниками таких валів є провідні фірми Західної Європи та Америки – «Форд», «Дженерал моторз» США, «Рено» Франція, «Вольво» Швеція, «Мерседес» Німеччина та ін. Застосування чавуну для виготовлення КВ обумовлене тим, що зносостійкість і втомний опір ЧКВ перебувають на рівні сталевих, а витрати на виготовлення в 2...2,5 рази нижче. Істотним недоліком ЧКВ є складність і трудомісткість відновлення, що пояснюється наявністю у великій кількості вуглецю, марганцю, кремнію, які при значних термічних впливах сприяють утворенню тріщин і пор з відповідним негативним впливом на міцнісні й триботехнічні властивості.

*Ціль дослідження* – підвищення міжремонтного ресурсу ЧКВ конструктивно-технологічними способами.

*Об'єкт дослідження* – зношені й зміцнені (такі що пройшли карбонітрацію, з кільцевою проточкою в зоні галтельного переходу) чавунні КВ ЗМЗ 24-1005011-20 і УМЗ 4173.1005011.

*Практичну значимість представляють:*

- значення поверхневої твердості корінних і шатунних шийок КВ ЗМЗ-24 і УМЗ-4173 нових і ремонтних розмірів;
- технологічний процес відновлення шийок ЧКВ, що підвищує зносостійкість в 1,21...1,71 рази, а границя витривалості - в 1,38...1,58 рази.

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. "Агроосвіта", 2014 – 665 с.

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ГІДРОПРИВОДІВ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ ТРАКТОРІВ І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Крюков В.В.

**Науковий консультант:** доцент Сиромятніков П.С.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Сучасні енергонасичені трактори та сільськогосподарські машини оснащені гідроприводом робочого обладнання, що забезпечує високу ефективність використання машинно-тракторних агрегатів. Проте встановлено, що до 10% відмов машин припадає на цю систему. Існуюча технологія діагностування не дозволяє в короткий термін без демонтажу оцінити технічний стан агрегатів гідросистеми [1]. Це призводить до відсутності постійного контролю за технічним станом гідроагрегатів і, як наслідок, простоїв тракторів і сільськогосподарських машин у напружені періоди виконання сільськогосподарських робіт із-за відмов, недовикористання технічного ресурсу гідроагрегатів до 25%, збільшення витрати запасних частин.

В цих умовах особливо актуальними є питання зниження трудомісткості діагностування, технічного обслуговування і ремонту гідроприводів навісних систем, гідроагрегатів тракторів і с. г. машин шляхом спільного контролю працездатності і пошуку їх несправностей.

Так само розглядаються питання підвищення експлуатаційної надійності різних систем, у тому числі гідроприводів навісної системи, шляхом застосування прогресивних методів технічного обслуговування і діагностування, що дозволить обслуговувати машини за фактичним технічним станом на основі дискретного чи неперервного контролю її працездатності.

Існуючий режим діагностування гідроприводів робочого обладнання сільськогосподарських машин і тракторів не дозволяє обслуговувати їх за фактичним станом внаслідок відсутності оптимальної періодичності контролю та допустимих значень діагностичних параметрів, що призводить до невиправданих втрат через несвоєчасне проведення технічного обслуговування і ремонту.

### Список літератури

1. Сідашенко О.І., Скобло Т.С., Тіхонов О.В., Власовець В.М., Аветісян В.К., Гончаренко О.О., Сайчук О.В., Сиромятніков П.С., Бантковський В.А., Рибалко І.М., Автухов А.К. Мартиненко О.Д., Маніло В.Л. Практикум з ремонту машин та обладнання. Методичні рекомендації та завдання щодо виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форми навчання – Х:ХНТУСГ, 2015 – 196 с.

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Хартанович А.М.

**Научный консультант:** к.т.н., доцент Романюк Н.Н.

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г.Минск, Республика Беларусь*

Машины для внесения удобрений должны обеспечивать равномерный процесс при диаметре гранул синтетических туков до 5 мм, причем их число с таким же менее 1 мм не должно превышать 1%. Те из них, которые относятся к минеральным, не должны иметь повышенную влажность (допускается в пределах 1,5-15%). Доза вносимых удобрений должна колебаться, поскольку разные культуры и разные почвы требуют различных норм. Она должна составлять от 50 до 1000 кг/га. Туковые сеялки должны распределять удобрения более равномерно, чем разбрасыватели. Отклонения в этом показателе для первых не должны превышать 15%, а для вторых — 25% [1].

Внутрипочвенное внесение минеральных удобрений предопределяет повышенные требования к конструкциям высевальных устройств минеральных удобрений.

Анализ конструкций высевальных аппаратов и рассмотрение технологического процесса их работы показывает, что наиболее перспективным направлением в совершенствовании устройств для внесения туков, является использование высевальных аппаратов с рабочими органами, позволяющими активно выполнять отбор минеральных удобрений в бункере и принудительно перемещать их в тукопровод к сошнику [2].

Целью данных исследований является повышение производительности высевального устройства.

Проведенный литературный и патентный поиск показывают, что недостатками существующих высевальных аппаратов являются неравномерность высева [3], низкая производительность [4].

На рис.1 представлен профильный вид желобчатой высевальной катушки.

Желобки 2 катушки 1 в сечениях, перпендикулярных оси ее вращения, выполнены в форме параболы  $LML'$  и вписаны в сектор  $LOL'$  окружности, в результате чего образуются поверхности наиболее быстрого ската для минеральных удобрений.

Высевальное устройство содержит бункер, соединенный с корпусом высевального аппарата, внутри которого установлен приводной вал (не показаны как общеизвестные устройства) с размещенной на нем высевальной катушкой 1 с параболическими желобками.

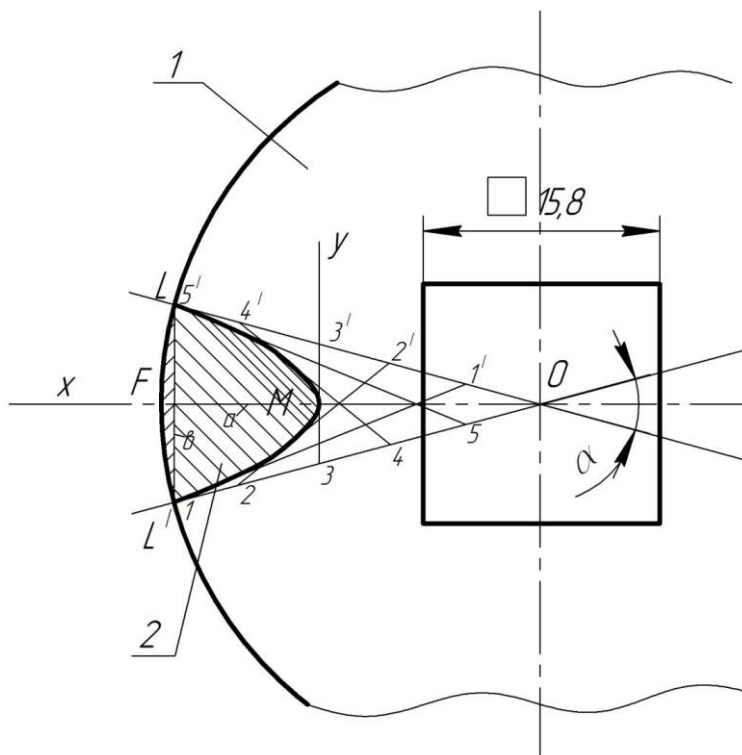


Рисунок 1. Устройство для внесения минеральных удобрений

Минеральные удобрения из бункера поступают в корпус высевающего устройства, где высевающая катушка с параболическими желобками производит их отбор и направляет в семяпроводы. Форма желобков в виде параболы обеспечивает полновесный захват минерального удобрения из высевающей коробки и лучшее его истечение в зоне высева, а также позволяет увеличить рабочий объем катушки.

Выполнение профиля желобков в виде параболы позволяет лучшему опорожнению катушек и, как следствие, к равномерному дозированию трудносыпучих материалов, в частности минеральных удобрений.

#### Список литературы

1. Машины для внесения удобрений. Классификация машин, способы внесения минеральных удобрений. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://fb.ru/article/379838/mashinyi-dlya-vneseniya-udobreniy-klassifikatsiya-mashin-sposobyi-vneseniya-udobreniy>. Дата доступа: 07.05.2020.

2. Нукушев С.О., Сутирбай А.М., Тойгамбаев С.К., Романюк Н.Н. Катушечно-штифтовый туковысевающий аппарат // Теоретические и практические вопросы современной науки // Сб. науч. работ VII Междунар. науч. конф. Евразийского Научного Объединения. – Москва : ЕНО, 2015. – С.24–27.

3. А.с. СССР №1635923, кл. А01С 7/12, 1991.

4. Карпенко А.Н., В.М. Халанский. Сельскохозяйственные машины. – 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Агрпромиздат, 1989. - С. 118-120.

## ДО ПИТАННЯ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З НЕПОВНОЮ СФЕРИЧНОЮ ПОВЕРХНЕЮ НА ПРИКЛАДІ ПАЛЬЦІВ АВТОМОБІЛЬНИХ КУЛЬОВИХ ШАРНІРІВ

Перепелиця Д.О.

**Науковий консультант:** доцент Сиромятніков П.С.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

У сучасній техніці існує велика група деталей, конструктивним елементом яких є неповна сферична поверхня (НСП): кульові пальці автомобільних кульових шарнірів, наконечники рульових тяг, сферичні вкладиші бойків механізмів ударної дії, кулькові підп'ятники, сферичні наконечники штоків, стійки зі сферичними головками сферичних з'єднань важільних механізмів, штоки клапанних механізмів зі сферичними головками та інші [1].

Найбільш характерним представником деталей цієї групи є автомобільний кульовий палець, який входить до складу кульових шарнірів-найбільш відповідальних вузлів підвіски сучасних автомобілів, що визначають безпеку їх експлуатації [2]. Щорічні обсяги виробництва автомобільних кульових пальців обчислюються десятками мільйонів штук на рік.

Незважаючи на успішні результати українських і зарубіжних дослідників в області поверхневого пластичного деформування металів (ППД), широке застосування даного методу для обробки неповних сфер стримується через відсутність науково обґрунтованих методик визначення параметрів процесу обкатки та якості отримуваних деталей [3-5].

Підвищення якості деталей обкаткою може бути досягнуте за допомогою застосування технології, що використовує прогресивні багатокулькові безсепараторні обкатники, що містять максимальну кількість деформуючих елементів. Для її реалізації необхідно відповідне технологічне забезпечення. Тому розробка високопродуктивної технологічної оснастки, нових способів обробки, нових методик розрахунку параметрів процесу обкатки та характеристик якості формованих сферичних поверхонь є досить актуальною темою.

Активний розвиток машинобудування свідчить про гостру необхідність розробки в сучасному машинобудуванні принципів і шляхів здійснення різних видів локальної обробки поверхонь деталей машин і, перш за все, обкатування кульками.

Метою роботи є підвищення надійності і довговічності деталей автомобілів шляхом розробки технології зміцнення за допомогою поверхневого пластичного деформування обкатуванням кульками.

Об'єкт дослідження – технологічний процес ремонту зношених деталей сферичної форми автомобілів.

Предмет дослідження - Технологія відновлення спрацьованих деталей за допомогою пластичної деформації.

Методи дослідження – теоретичні дослідження виконані з використанням положень теорій ймовірності, надійності, механізмів машин, тертя, математичного моделювання, прогнозування.

Завдання наукової роботи:

1. Провести аналіз сучасного стану застосування методів поверхневого пластичного деформування та обґрунтувати існуючі способи обкатування кульками деталей.

2. Експериментально дослідити вплив обкатування кульками на властивості зміцненого шару.

3. Провести дослідження шорсткості поверхневого шару і вплив режимів обкатування кульками на експлуатаційні показники.

4. Розробити технологію і конструкції пристроїв для обкатування кульками деталей сільськогосподарської техніки.

Використана методика дослідження. Експериментальні дослідження виконані по загальних і розроблених методиках з використанням сучасних приладів та засобів вимірювання в лабораторії кафедри технічних систем і технологій тваринництва ім. Б.П. Шабельника та кафедри технологічних систем ремонтного виробництва ННІ технічного сервісу ХНТУСГ.

Обробка результатів досліджень проведена з використанням методів теорії ймовірності й математичної статистики за допомогою сучасних обчислювальних засобів і пакета прикладних програм.

Проведено аналіз сучасного стану застосування методів поверхневого пластичного деформування та обґрунтовано існуючі способи обкатування кульками деталей, такі як обкатування і розкочування поверхонь заготовок, калібрування отворів, вібронакатування і наклепування інструментами відцентрово-ударної дії. Зазначені основні параметри зміцнюючого шару обкатаного кульками показали, що обкатування кульками є перспективним способом підвищення надійності і довговічності деталей сільськогосподарської техніки.

В експериментальних частині роботи досліджено шорсткість поверхневого шару після обкатування кульками. Виявлено, що якість поверхневого шару залежить від сила обкатування, так як збільшення сили до значення більшого, ніж критичне, для даного матеріалу призводить до перенаклепу, руйнування поверхневого шару металу і, як наслідок, – до збільшення параметра шорсткості поверхні.

Досліджено вплив режимів обкатування кульками на зміцнення сталей. Визначено, що обкатування слід проводити в один прохід. Тільки при тисках значно нижче оптимальних доцільно застосовувати два-три проходи. У ряді випадків для отримання необхідного ступеня зміцнення за один прохід необхідно зменшувати подачу.

Результати дослідження твердості в поверхневому шарі загартованих і обкатаних зразків показують, що товщина наклепу визначається тиском і розмірами площі контакту, а також структурою і властивостями матеріалу.

Розроблена технологія обкатування кульками і пристрої для її здійснення, такі як планетарна головка для обробки сферичних поверхонь і однокульковий розкатник. Його застосування економічно виправдане в індивідуальному і дрібносерійному виробництві. Такий розкатник може застосовуватися для обробки як циліндричних, так і конусних та фасонних отворів, що зустрічаються в деталях автотракторної техніки.

#### Список літератури

1. Бутаков Б.И. Исследование и разработка технологии обкатывания шариками деталей сельскохозяйственной техники / Б.И. Бутаков, В.Н. Шумилов // Эффективность реализации научного ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях: сб. научн. трудов. – К., 2013. - С. 222 - 223.
2. Сумець О.М. Класифікація деталей вузлів і агрегатів автотранспортних засобів / О.М. Сумець, П.С. Сиромятніков // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Випуск 110 «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві». – Х. : ХНТУСГ, 2011. –С. 181–186.
3. Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Скобло Т.С., Мартиненко О.Д., Гончаренко О.О., Сайчук О.В., Аветісян В.К., Автухов А.К., Рибалко І.М., Сиромятніков П.С., Бантковський В.А., Маніло В.Л. Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1 / За ред. О.І. Сідашенко О.І., О.В.Тіхонова. Навчальний посібник. Харків: ТОВ «Пром-Арт».2018, 416 с.
4. Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Скобло Т.С., Мартиненко О.Д., Гончаренко О.О., Сайчук О.В., Аветісян В.К., Автухов А.К., Рибалко І.М., Сиромятніков П.С., Бантковський В.А., Маніло В.Л. Практикум з ремонту машин.Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Том 2 / За ред. О.І. Сідашенко О.І., О.В.Тіхонова. Навчальний посібник. Харків: ТОВ «Пром-Арт». 2018. 491с.
5. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: підручник / [Сідашенко О.І. та ін.];за ред. проф. О.І.Сідашенка, О.А.Науменка. – К.: Агро освіта, 2014. – 665 с.(Затверджено МОН України як підручник для студентів ВНЗ, які навчаються за напрямом підготовки «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» від 21.06.10 № 1/11 – 545) – надруковано у 2015 р.



## ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

Бармак В.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Мартишко В.М.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України  
м. Київ, Україна*

При поверхневому внесенні твердих мінеральних добрив простежується тенденція переважного розвитку відцентрових розкидачів добрив, конструкція яких в найбільшій мірі відповідає сучасним вимогам. Їх удосконалення йде в напрямку підвищення продуктивності за рахунок збільшення основних технічних параметрів (швидкість, ширина захвату і місткість бункера) і покращення надійності завдяки використанню більш якісних корозійностійких матеріалів, вдосконаленню компоновальних схем і окремих елементів конструкції, рівномірності розподілу добрив по ширині захвату і більш точному диференційованому дозуванні на кожній конкретній ділянці.

Якість внесення добрив, що визначає врожайність сільськогосподарських культур, залежить від ряду факторів, основними з яких є: частота обертання розсіювальних дисків; їх кількість і форми лопаток, встановлених на диску; кут їх установки; місце подачі добрив на диск; кут нахилу диска до горизонту; напрямок обертання і форми дисків, збільшення числа потоків добрив, що надходять на розподільні диски, рівномірність подачі добрив, що надходять на диск; вибір і підтримка оптимального перекриття суміжних проходів агрегату.

Налаштування на дозу внесення здійснюється для кожного виду добрив з урахуванням його фізико-механічних властивостей (вологість, гранулометричний склад), агрохімічних характеристик (вміст діючої речовини). Для цих цілей використовуються таблиці, графіки, експериментальні криві, отримані в результаті численних лабораторних і польових дослідів. Широко застосовуються різні прилади та обладнання, в тому числі електронні, що полегшують роботу з налаштування машини на задані дозу і якість внесення, а також сучасні засоби комунікації. Так, фірма «Amazon» (Німеччина) при експлуатації своїх машин надає інтерактивний доступ до бази даних Amazone-DungeService по WAP, мобільному телефону для підвищення надійності при налаштуванні розкидачів добрив безпосередньо в полі.

Для забезпечення рівномірної подачі добрив на диски більшість фірм використовує пальцеві ворушилки, які забезпечують безперебійну подачу добрив, а також шибєрні заслінки спеціальної форми.

Найбільш широку номенклатуру машин для внесення твердих мінеральних добрив випускають фірми «Kuhn» (Франція), «Rauch», «Amazon» (Німеччина), «Bredal» (Данія), «Agrex» (Італія), а також ряд вітчизняних підприємств.

### Список літератури:

1. Якубаускас В.И. Технологические основы механизированного внесения удобрений – М.: Колос, 1973. – 231 с.

## СИСТЕМА ОРІЄНТАЦІЇ РОБОТА АЕРОДИНАМІЧНИМ ПРИТИСНЕННЯМ ДО ПОВЕРХНІ

Гришуков Д. В.

**Науковий консультант:** ст. викл. Никифоров А. О.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Для створення автономних малогабаритних роботів вертикальним переміщення перспективним способом фіксації на поверхні є притиснення за рахунок створення розрідження в вакуумній камері, розташованій унизу [1]. Вакуумна камера утворена нижньою частиною корпусу робота і поверхнею переміщення. Між корпусом робота і поверхнею утворюється щілина, величину якої потрібно мінімізувати для мінімізації необхідної витрати повітря. Розрідження у вакуумній камері створюється за допомогою вентилятора, що приводиться в дію електричним двигуном. Недостатнє розрідження у вакуумній камері може привести до відриву робота від поверхні, або до його перекидання або зісковзування, що в кінцевому підсумку призведе до падіння. Надмірна величина розрідження призведе до значної витрати енергії бортового джерела живлення внаслідок і зменшення часу автономної роботи.

Одним з недоліків такого виду фіксації на поверхні є підвищена вібрація корпусу робота, зумовлена великою частотою обертання крильчатки вентилятора, впливає на показники датчиків, встановлених на борту. Для визначення необхідних умов рівноваги на поверхні переміщення і управління рухом робота потрібна знати його орієнтацію на площині і кут нахилу площини до горизонту [2].

Робот забезпечений двома колесами з диференціальним приводом і поворотним колесом для забезпечення рівноваги на поверхні. Приводні колеса забезпечені шинами з підвищеним коефіцієнтом тертя. Поворотне колесо навпаки володіє дуже незначним коефіцієнтом тертя. Так як рухи робота є досить повільними, то можна знехтувати прискоренням робота при переміщенні і вважати його рух квазістатичним. Для визначення кутів орієнтації пропонується використання трьохосного акселерометра, встановленого на корпусі робота.

Досліджено вплив вібрацій на показання акселерометра при різній орієнтації робота в просторі і при різних швидкостях обертання крильчатки вентилятора.

Запропоновано метод обробки даних, що надходять з акселерометра, за допомогою застосування фільтра ковзаючого середнього, який широко застосовується в різних областях [3-5]. Алгоритм методу реалізовано на бортовому мікроконтролері, що працює в режимі реального часу. Виявлено вплив деформації шин коліс на свідчення акселерометра.

Описано метод отримання кутів орієнтації робота виходячи зі свідчень акселерометра. Оцінена помилка визначення орієнтації робота при різних положеннях робота на площині і кутах нахилу площини до горизонту при різних швидкостях обертання крильчатки вентилятора. Проведено частотно-часовий аналіз даних, отриманих з акселерометра. Виявлено, що помилка вимірювання орієнтації істотно залежить від швидкості обертання крильчатки. Застосування фільтру ковзаючого середнього дозволяє зменшити шум показань акселерометра до необхідного рівня при обчисленнях в режимі реального часу. В якості бортового контролера, завдяки якому можна зробити обчислення, використовувалася плата Arduino.

Таким чином, дані надходять з акселерометра стають придатними для використання обчислення умов забезпечення рівноваги робота.

#### Список літератури

1. D. Longo and G. Muscato, "The Alicia 3 Climbing Robot: a Threemodule Robot for Automatic Wall Inspection," IEEE Robotics & Automation Magazine, vol. 13, no. 1, pp. 42–50, 2006.
2. A.M. Nunuparov, V.G. Chashchukhin The control system of anautonomous wall climbing robot with aerodynamic adhesion// Proc. of the CLAWAR 2017, Porto, Portugal, September 11 – 13, 2017, pp. 118-126.
3. L. Xiong, F. Zhuo, X. Liu, F. Wang, and Y. Chen, "Optimal design of moving average filter and its application in distorted grid synchronization," in Proceedings of the 2015 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), Montreal, Canada, 2015, pp. 3449–3454.
4. R. Irani, K. Nasrollahi and T. B. Moeslund, "Improved pulse detection from head motions using DCT," in Proceedings of the 2014 International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP), Lisbon, Portugal, 2014, p. 118-124.
5. A. Garfinkel, Y.-H. Kim, O. Voroshilovsky, Zh. Qu, J.R. Kil, M.-H. Lee, H. S. Karagueuzian, J. N. Weiss, and P.-Sh. Chen, "Preventing ventricular fibrillation by flattening cardiac restitution," Proceedings of the National Academy of Sciences USA, vol. 97, no. 11, pp. 6061–6066, 2000.
6. R. Antoshchenkov, A. Nikiforov, I. Galych, V. Tolstolutskyi, V. Antoshchenkova, S. Diundik. Solution of the system of gas-dynamic equations for the processes of interaction of vibrators with the air. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol 2, No 7 (104) (2020) P 67-73.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ КУЛЬТИВАТОРНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ

Сироваткін Р.С.

**Науковий консультант:** д.т.н, професор Козаченко О.В.

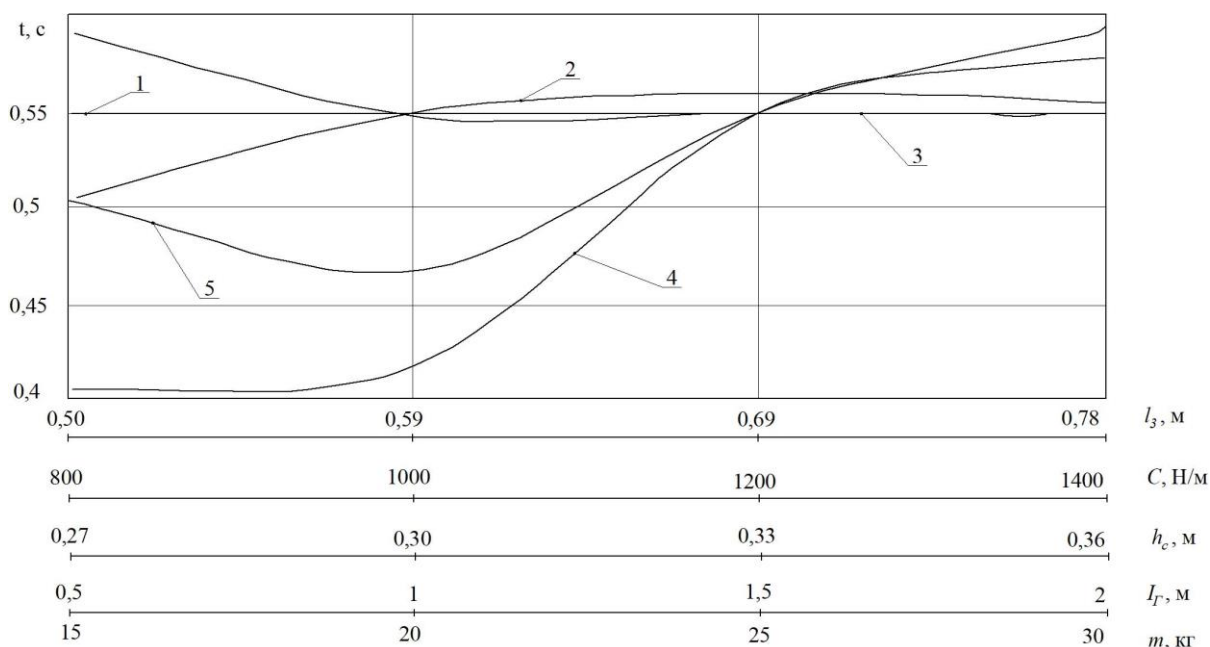
*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Сучасні машинно-тракторні агрегати (МТА), що використовують в комплексах для виробництва продукції в агропромисловому комплексі України, зазвичай, включають енергетичний засіб та сільськогосподарську машину, що застосовують у відповідності до виконуваного технологічного процесу. Так культиваторний агрегат включає енергетичний засіб та культиватор для міжрядного або суцільного обробітку ґрунту. В якості енергетичного засобу використовують трактори певного класу, обладнаного дизельним двигуном. При зростанні показників напрацювання агрегатів в процесі експлуатації відбуваються зміни їх технічного стану, що пов'язані із процесами зношування, корозії, накопичення втоми, деформації тощо. Аналіз факторів впливу на рівень технічної експлуатації машин вказує на доцільність застосування конструкторсько-технологічних підходів для підвищення експлуатаційної надійності машин, в тому числі, машинно-тракторних агрегатів при їх використанні у технологічних процесах виробництва сільськогосподарської продукції [1].

Одним з перспективних напрямків підвищення ефективності МТА є, з одного боку, підвищення технічного рівні енергетичних засобів, а з другого – підвищення технічного рівня сільськогосподарських машин шляхом удосконалення конструкцій робочих органів. Енергетичні засоби МТА експлуатуються в умовах знакозмінного навантаження, значної запиленості повітря, великого діапазону температури, змінних параметрів навколишнього середовища, що характеризуються сукупністю великої кількості факторів, які суттєво впливають на показники їх експлуатаційної надійності. Встановлено, що найбільш вагомими чинниками, що впливають на їх технічний стан є: тепловий режим навантаження, умови тертя та зношування деталей. Це зумовлює пошук заходів і методів підтримання технічного стану агрегатів на заданому рівні. Більшість культиваторів для суцільного обробітку ґрунту обладнані радіальною підвіскою робочих органів. При цьому основним недоліком такої конструкції є змінність встановлення леза лап до горизонтального (заданого) положення, що сприяє порушенню стійкості ходу робочих органів відносно заданої глибини обробітку ґрунту. Цьому сприяє збуджуючий змінний вплив на робочі органи з боку об'єкта обробітку. У зв'язку з цим, виникає необхідність в проведенні досліджень процесу роботи культиватора на асимптотичну стійкість руху [2]. На рисунку 1 представлено

залежність часу збурення механічної системи від конструктивних параметрів одношарнірної підвіски культиватора.



**Рисунок 1. Залежності часу збурення від параметрів механічної системи:**

1 – довжини тяги кріплення повзуна натискної штанги; 2 – жорсткості пружини натискної штанги; 3 – висоти стовби культиваторної лапи; 4 – довжина гряділя; 5 – маси гряділя з робочим органом

Дослідженнями встановлено, що забезпечення експлуатаційної надійності МТА можливо за рахунок вибору раціональних параметрів культиватора. Раціональними параметрами культиватора є: раціональне значення жорсткості натискної пружини штанги  $C$  при заданих параметрах секції повинно бути не більше 800 Н/м, маса гряділя з робочим органом культиватора  $m = 18...20$  кг; висота стовби культиваторної лапи  $h_c$  - не менше 0,3 м. Випробування культиваторного МТА підтвердили високу ефективність розроблених технічних заходів за якісними показниками технологічного процесу культивації ґрунту.

#### Список літератури

1. Козаченко О.В. Аналіз факторів впливу на рівень технічної експлуатації машин АПК // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. - Харків: ХНТУСГ, 2012. Вип.121. С.3-7.

2. Козаченко О.В. Експериментальні дослідження стійкості руху секції культиватора з одношарнірною підвіскою робочих органів / О.В.Козаченко, О.М.Шкрегаль, О.В.Блезнюк, О.Ю.Нестерцов // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2011. № 30. С.47 – 52.

## ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ ЗАСОБІВ ХІМІЗАЦІЇ УЛЬТРАМАЛООБ'ЄМНИМ СПОСОБОМ

Лук'яненко О.В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Лук'яненко В.М.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Однією з найважливіших задач сільськогосподарського виробництва є отримання максимального урожаю сільськогосподарських культур. Її вирішення можливе тільки при використанні активного захисту сільськогосподарських культур від хвороб та шкідників. Найбільш ефективним і розповсюдженим на даний час методом є хімічний захист рослин, тобто обробка рослин хімічними препаратами, серед яких переважають рідкі засоби хімізації [1]. Їх можна вносити двома способами, поверхневим, і підповерхневим.

Недоліками поверхневого внесення є те, що деяка частина робочої рідини непродуктивно втрачається, піддаючись випаровуванню, вивітрюванню, фотохімічному розпаду і т. ін.

Цю проблему можна вирішити якщо при підповерхневому внесенні рідких засобів хімізації створити з робочої рідини піну і вносити її на оброблювальну смугу в спіненному стані. Піну нагнітають всередину виконаної під шаром ґрунту порожнини і потім розподіляють по її дну [2]. Технологічний процес підповерхневого внесення рідких засобів хімізації здійснюється в русі робочого органу. Піна подається по каналу в поддаловий простір, обмежений лемешами стріччастої лапи і сводообразним козирком.

Скупчуючись усередині цього простору піна поширюється по його порожнечках. Надалі ґрунт обсіпаючись частково перерозподіляє піну, зрушуючи деяку частину її в центр оброблюваної смуги.

За допомогою описаного способу та розробленої конструкції робочого органу для його здійснення було вирішено проблеми якості розподілу рідких засобів хімізації в межах оброблюваної площі, що дозволяє підвищити врожайність сільськогосподарських культур.

### Список літератури

1. Мельник В. І., Лук'яненко О. В., Павленко А. В. Спосіб підповерхневого ультрамалооб'ємного внесення рідких засобів хімізації і робочий орган для його здійснення. *Вісн. Харківського нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка*. 2011. Вип. 107: Механізація с.-г. вир-ва. - Т. 2. - С. 208-211

2. Лук'яненко О. В. Обоснование выбора конструкции пенообразователя. *Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка*, 2018. Вип. 190 С. 279-285.

Секція 4

«Теорія експлуатації машин і  
обладнання»

## ОСНОВНІ ДЕФЕКТИ ШЛІЦЬОВИХ ДЕТАЛЕЙ КАРДАННИХ ПЕРЕДАЧ

Буданов Д.І.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Сайчук О.В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Карданні передачі автомобілів і більшості марок тракторів і сільськогосподарських машин являють собою порожній шліцьовий вал з вилкою і шліцьову втулку. Залежно від конструкції і призначення транспортного засобу на них може встановлюватися від однієї до п'яти карданних передач. Перевагою цієї передачі є те, що великий поверхневий шліцьовий контакт втулки який сполучається з валом і, з можливістю рівномірного розподілу навантаження і точного взаємного центрування забезпечує значні конструктивні переваги перед іншими з погляду компонування, полегшення і надійності привода. Дефектний стан деталей карданних передач обумовлюється значними напруженнями контакту і вигину. Поряд з ними нерівномірне зношування по довжині шліца викликається зміною місця сполучення деталей.

У цілому, усі види напружень і просторового розташування шліцьових деталей карданної передачі викликають наступні дефекти: контактні напрути обумовлюють зношування шліців по товщині (профілю); вигинаючі напрути супроводжуються викрашуванням матеріалу шліца і його втомним руйнуванням у основі; наслідки від зношування шліців і їх викрашування ведуть до розбіжності і перекосу осей деталей і, відповідно, до зменшення висоти шліца; однобічне і нерівномірне зношування шліца утворюється від непостійності довжини зчеплення деталей шліцьових з'єднань і напрямку переважного пересування техніки; виходячи з напрямку крутного моменту величина зношування шліца з боку переважного прикладання навантаження більше.

Дефектна карта для шліцьових деталей карданних передач представлена трьома дефектними станами, що визначають граничний стан деталей сполучення. Найбільша інтенсивність зношування шліцьової втулки спостерігається по ширині шліцьової поверхні яка безпосередньо передає крутний момент, зношування шліців по висоті. Інші дефекти, зношування шийки, проточки під сальник і зношування напрямної шийки, незначні і не виходять за рамки допустимих. Дефектний стан шліцьового валу характеризується зношуванням шліців по ширині, зношуванням шліців по висоті. Загальним для дефектного стану шліцьових втулки і валу є нерівномірне зношування шліців по довжині.

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. "Агроосвіта", 2014 – 665 с.



## СПОСОБИ ЗНИЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВТРАТ У ДВИГУНАХ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Фірсов С.В.

**Науковий консультант:** к.е.н., доцент Колпаченко Н.М.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

В останні роки для підвищення потужності та економіко-екологічних показників автомобільних двигунів широко використовуються методи введення в експлуатаційні матеріали різного роду присадок, а також обробка поверхонь тертя на стадії виробництва різними антифрикційними матеріалами. Пріоритет цих напрямків заснований на даних експериментальних досліджень, що підтвердили зниження коефіцієнта тертя. Оскільки коефіцієнт тертя безпосередньо впливає на енергетичні витрати у вузлах і сполученнях агрегатів, то закономірно, що і втрати потужності, що витрачається на подолання сил тертя в трибовузлах, будуть залежати від стану самих поверхонь тертя. А в результаті будуть визначати потужність механічних втрат у двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ).

Аналіз енергетичних втрат у двигунах внутрішнього згоряння показує, що для сучасних ДВЗ, що мають граничні значення індикаторних показників, подальше поліпшення паливної економічності необхідно зв'язувати зі збільшенням ефективності роботи за рахунок зниження механічних втрат. Найбільші втрати 45%-60% припадають на циліндро-поршневу групу (ЦПГ).

Способи зниження механічних втрат: науково обґрунтований добір матеріалу деталей і мастил; застосування матеріалів з низьким коефіцієнтом тертя (механічні втрати на 4-10%, палива на 1-3%); застосування малов'язких мастил і присадок (механічні втрати на 8-20%, палива на 2-5%); раціональне профілювання поверхонь тертя (механічні втрати на 10-25%, палива на 3-6%). За правильної та вдалої комбінації якості мастила і модифікатора тертя спостерігається взаємне різке поліпшення мастильних і фрикційних властивостей. Наприклад, композиція Фоспол, Фриктол (НПО "Масла", м. Київ) для дизельних (зниження механічних втрат до 30% з коефіцієнтом тертя 0,085) і для карбюраторних – "Аспект модифікатор" м. Москва (зниження механічних втрат до 10% з коефіцієнтом тертя 0,112).

Застосуванням антифрикційних матеріалів для поршневих кілець і використанням мастильних композицій можна досягти зниження механічних втрат до 11-13% і, отже, зниження витрати палива на 2,5-5%.

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. "Агроосвіта", 2014 – 665 с.

## ОГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАПОБІЖНИХ ЗАСОБІВ ГІДРОПРИВОДІВ МОБІЛЬНИХ МАШИН

Обихвіст Я.Ю.

**Науковий консультант:** д.т.н, професор Козаченко О.В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

На сьогодні у мобільних машинах широкого розповсюдження набуває гідропривід робочих органів і, як показує досвід експлуатації, на нього приходиться значна частка відмов, внаслідок чого знижується ресурс машин у цілому і збільшуються витрати на технічне обслуговування та ремонт. Підвищення технічної готовності мобільних машин, що обладнані гідравлічними приводами вимагає вирішення задач підвищення їх експлуатаційної надійності та якості функціонування при виконанні технологічних процесів.

Проблема забезпечення герметичності гідросистем, зниження втрат робочої рідини при зростанні її вартості в умовах експлуатації, а також підвищення екологічних вимог зумовлює пошук нових конструктивних рішень агрегатів і систем гідроприводів машин. Це може бути досягнуто за рахунок підвищення надійності конструктивних елементів, а також створенням спеціальних захисних пристроїв, що зумовлюють зменшення викидів робочої рідини при аварійних ситуаціях, зокрема, внаслідок пориву трубопроводів при їх зношуванні або механічних пошкодженнях [1,2]. При цьому важливим фактором може слугувати також негативний вплив розгерметизації системи на навколишнє середовище та економічні чинники експлуатації техніки.

Виконаними дослідженнями встановлено, що при аварійній розгерметизації системи гідроприводу втрати робочої рідини в значній мірі залежать від продуктивності гідронасосу мобільної машини, що необхідно враховувати при конструюванні систем їх захисту та реалізацію в умовах експлуатації у сільськогосподарських підприємствах. На рисунку 1 представлено залежність вмісту нерозчиненого повітря  $\mu$ , терміну його виходу з робочої рідини  $t$ , коефіцієнта розподілу потоку  $k$  та втрат робочої рідини  $Q$  від діаметру додаткової відбірної труби  $d_1$  запобіжного пристрою гідросистеми мобільних машин, що використовують у сільськогосподарському виробництві.

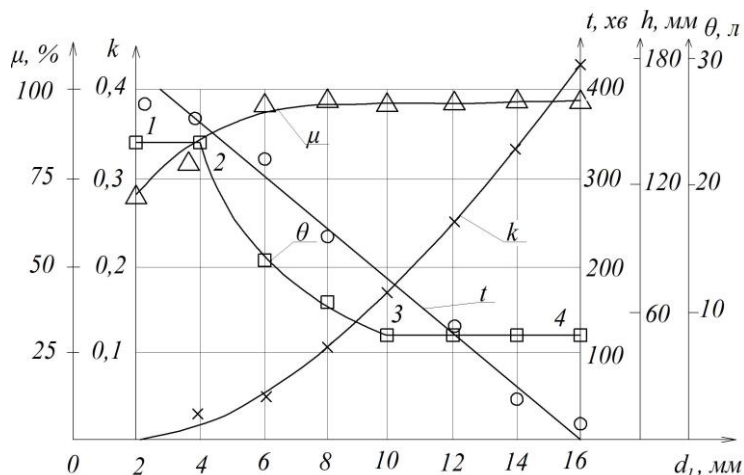


Рисунок 1. Залежності вмісту нерозчиненого повітря  $\mu$ , терміну його виходу з робочої рідини  $t$ , коефіцієнта розподілу потоку  $k$  та втрат робочої рідини  $Q$  від діаметру додаткової відбірної труби  $d_1$

Аналізом отриманих результатів встановлено, що найбільші втрати робочої рідини відбуваються при зміні діаметру додаткової відбірної труби в межах від 2 до 4 мм (ділянка кривої 1-2) із значним піноутворенням. При збільшенні діаметру додаткової відбірної труби від 4 до 10 мм втрати робочої рідини поступово зменшуються (ділянка 2-3), піноутворення незначне. На ділянці кривої 3-4 втрати робочої рідини стабілізуються, піноутворення припиняється.

На підставі отриманих результатів експериментальних досліджень встановлено, що втрати робочої рідини від діаметра додаткової відбірної труби для насосу НШ-32-Л-2 встановлено раціональне значення діаметра труби, що знаходиться в межах 9...10 мм., при цьому коефіцієнт розподілу потоків робочої рідини складає 1,5...1,75, а час виходу повітря з робочої рідини 180...200 хв.

Таким чином, для продуктивності гідронасосів в межах від 18 до 86,7 л/хв., раціональний діаметр допоміжної забірної труби системи аварійного захисту знаходиться в межах 5...8,5 мм. Мінімізувати втрати робочої рідини при аварійній розгерметизації гідросистеми можна шляхом встановлення у гідро баку додаткової відбірної труби діаметром 9...10 мм. При наявності в робочій рідині 25% нерозчиненого повітря ресурс гідронасоса складає 240 год., коефіцієнт об'ємної подачі зменшується з 0,93 до 0,81, а фактична подача з 29,48 до 25,96 см<sup>3</sup>.

#### Список літератури:

1. Козаченко О.В. Обґрунтування параметрів системи захисту у гідроприводах сільськогосподарських машин./ О.В. Козаченко, О.В. Блезнюк, О.М. Шкрегаль, М.Л. Сітніков // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2013, № 47. С.145 – 152.

2. Козаченко О.В. Методи зменшення втрат робочої рідини у гідроприводах сільськогосподарських машин/ О.В.Козаченко, О.В. Блезнюк, Л.І.Басенко та ін. // Зб. наук. праць ХНТУСГ. Харків: ХНТУСГ, 2007. Вип. 67. Том 2. С. 177–183.

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ГОЛОВНОЇ БАЛКИ ОДНОБАЛКОВОГО МОСТОВОГО КРАНУ

Свіргун В.В.

**Науковий консультант:** к.т.н., ст. викл. Гнатенко Г.А.

Харківський національний технічний університет «ХПІ»

м. Харків, Україна

В металургії і металургійному машинобудуванні продовжує зростати потреба в вантажопідіймальному обладнанні. Це пояснюється тим, що більшу частку механізації різних виробничих процесів становлять підйомно-транспортні машини. Однобалкові крани (кран-балки) знаходять застосування на всіх ділянках прокатних цехів: на складі зливків і заготовок, в прольоті нагрівальних колодязів, в пічному прольоті, становому прольоті, в машинному залі, на складі готової продукції.

Завданням науково-дослідної роботи був пошук і оптимізація двотавру головної балки однобалкового крану.

Після розрахунку крана і розгляду типових рекомендацій по двотавру для крана цієї групи, а саме це двотавру 36М (ГОСТ 19425), був зроблений розрахунок який показав що для даного двотавру 6-ти кратний запас міцності, що не має особливого сенсу в нашому випадку. Як оптимізації були розглянуті двотаври менших розмірів: 30М (ГОСТ 19425) і 24 (ГОСТ 8239-89). Ці двотаври були змодельовані в пакеті Autodesk Inventor 2018, там же були змодельовані навантаження за даними з розділу розрахунку металокопункції. З'ясувалося що двотавр №24 (ГОСТ 8239-89) теж має зайвий запас міцності, але з конструктивних вимог до механізму пересування талі, а саме діаметра коліс, вибрати двотавр №18 неможливо. Для зменшення ваги та металоємності було вирішено виготовити нижню половину балки з двотавру №24, а верхню половину з двотавру № 18 (ГОСТ 8239-89). Ці двотаврові балки були змодельовані в пакеті Autodesk Inventor 2018, там же були змодельовані навантаження за даними з розділу розрахунку металокопункції. Розглядається «найгірший» випадок для конструкції: навантаження в центрі балки, момент коли таль починає підйом вантажу.

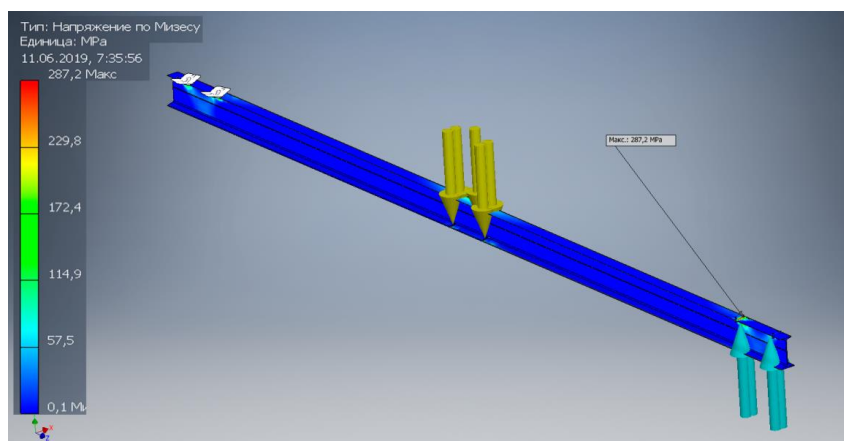


Рисунок 1. Розподіл напружень

Матеріал балки Сталь 09Г2С [ $\sigma_{\text{в}}$ ]=345°МПа. Напруження в небезпечних перетинах двотавру (рис. 1) не перевищує  $\sigma_{\text{e}}$ =100°МПа. В місцях концентраторів напруження досягає  $\sigma_{\text{e}}$ =287°МПа. Це відповідає умовам міцності.

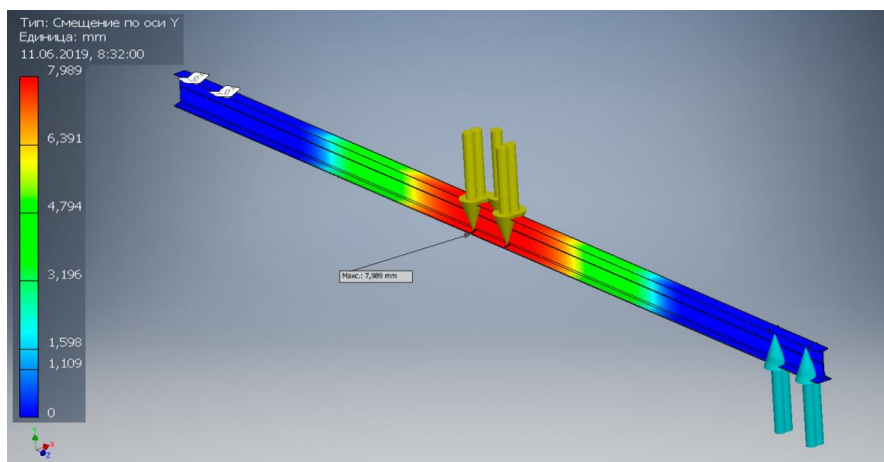


Рисунок 2. Розподіл переміщень

Прогин балки (рис. 2) не перевищує 7,9 мм, що допустимо з умов експлуатації. Крім розглянутого вище варіанта конструкції балки мостового однобалкового крана, розглядався варіант головної балки з полегшувачими отворами (рис.3).

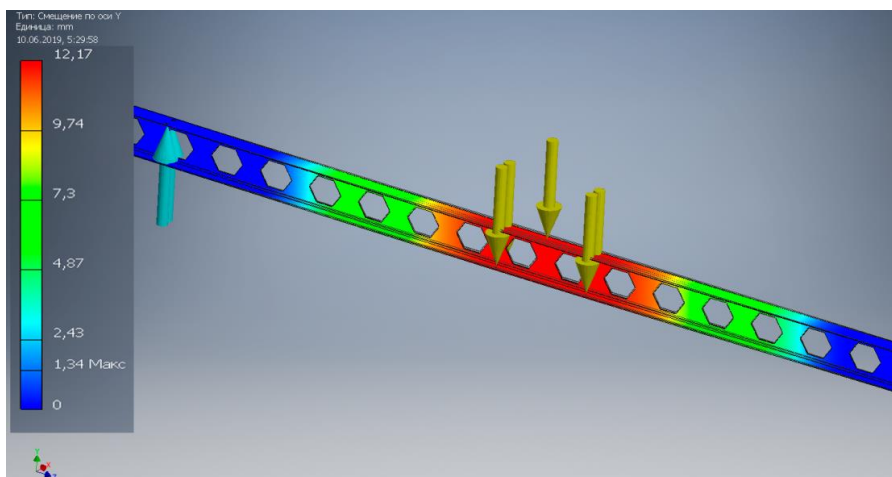


Рисунок 3. Розподіл переміщень для баки з отворами

Але прогін балки досягає 12,17 мм, що не допускається з умов експлуатації. Тому від цього варіанту конструкції ми відмовились.

Розрахунки підтверджують економічну ефективність проектування, виготовлення та експлуатації запропонованого крана.

#### Список літератури

1. Підійомно-транспортні машини: підручник для студентів технічних вузів / Ф. К. Іванченко. — К.: Вища школа, 1993. — 414 с.
2. ДБН В.2.5-28-2006. Інженерне обладнання будівель та споруд. Природне і штучне освітлення. — К.: Мінбуд Укр., 2006

## ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РЕАЛЬНОГО ТВЕРДОФАЗНОГО СВС-ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ МОДИФІКУЮЧОГО КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

Лузан А.С.

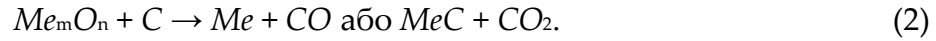
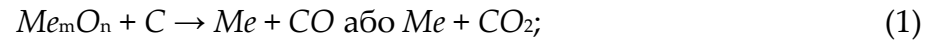
**Науковий консультант:** д.т.н., професор Лузан С.О.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Відомо, що твердофазні реакції з твердими продуктами протікають вкрай повільно навіть при високих температурах і при тому з сильним автогальмуванням. Тому було дуже дивним виявлення твердофазного СВС, реакції в якому протікають досить швидко. Твердофазне безгазове горіння спостерігається в сумішах порошків тугоплавких металів (*Ta, Nb, Mo*) з бором і вуглецем, а також у багатьох інших системах при сильному розведенні суміші кінцевим продуктом, коли температура горіння стає менше температури плавлення всіх реагентів і продуктів. Твердофазність процесу доводиться на підставі діаграм стану, з яких випливає, що температура навіть в евтектичних точках вище температури горіння. Металографічний аналіз погашених зразків не повинен виявляти слідів рідкої фази. Проводиться неодмінна попередня дегазація домішок з шихти.

Твердофазне безгазове горіння має найменші для СВС значення швидкості поширення: 0,1-0,5 см/с. Типові розміри порошків металу становлять тут кілька мікрометрів, розміри порошків неметалу – на порядок менше. Твердофазна реакція відбувається на частці металу в режимі реакційної дифузії. Глибокого спікання суміші не відбувається – частинки продукту зберігають розмір вихідного металу. Твердофазний СВС дуже чутливий до зміни параметрів: погіршення контакту між частинками (зменшення щільності суміші), зменшення питомої поверхні (збільшення розмірів частинок), зменшення температури горіння або збільшення тепловтрат легко призводять до загасання процесу.

Твердофазний СВС в реальних системах з порошкоподібними реагентами відрізняється від ідеального твердофазного СВС виникненням і роллю невеликих кількостей газової фази в реальному процесі. Всі порошкові реагенти містять деяку кількість адсорбованих і розчинених газів, які виділяються при нагріванні. Газовиділення може розпушувати шихту, подовжувати палаючі зразки, призводити до появи залежності швидкості горіння від тиску. Газова фаза може утворюватися і в результаті відновлення оксидних плівок, що покривають частинки металів. Наприклад, в сумішах металів з вуглецем можуть протікати реакції:



Газова фаза може з'являтися і в результаті спеціально введених невеликих газифікуючих добавок, наприклад,  $I_2$ .

Поява невеликих кількостей газової фази дозволяє пояснити, чому може горіти суміш порошків реагентів, що мають слабкий контакт між частинками, які залишаються твердими і слабоконтактуючими протягом всього процесу СВС. Газові домішки грають тут роль газоподібних переносників твердих реагентів один до одного, забезпечуючи контакт між ними і хімічну взаємодію.

Наприклад, суміш порошків  $Mo + B$  технічної чистоти горить, реагує в режимі СВС, а порошки високої чистоти не реагують, не горять. Термодинамічний аналіз можливих реакцій взаємодії в системі  $Mo + B$  у присутності  $O_2$  показав, що при СВС має місце перенесення  $B$  до  $Mo$ , і газоподібним переносником є субоксид бору  $B_2O_2$ .

На поверхні порошку бору протікає реакція:



Утворений летючий субоксид бору переміщується до поверхні порошку  $Mo$ , де проходить зворотна реакція з виділенням елементарного бору:



який реагує з  $Mo$  і утворює борид:  $Mo + B \rightarrow MoB$ .

Механізм твердофазного СВС з використанням спеціально введених газотранспортних добавок покажемо на прикладі горіння системи  $Ta + 2B$  з добавкою  $I_2$  (рис. 1).

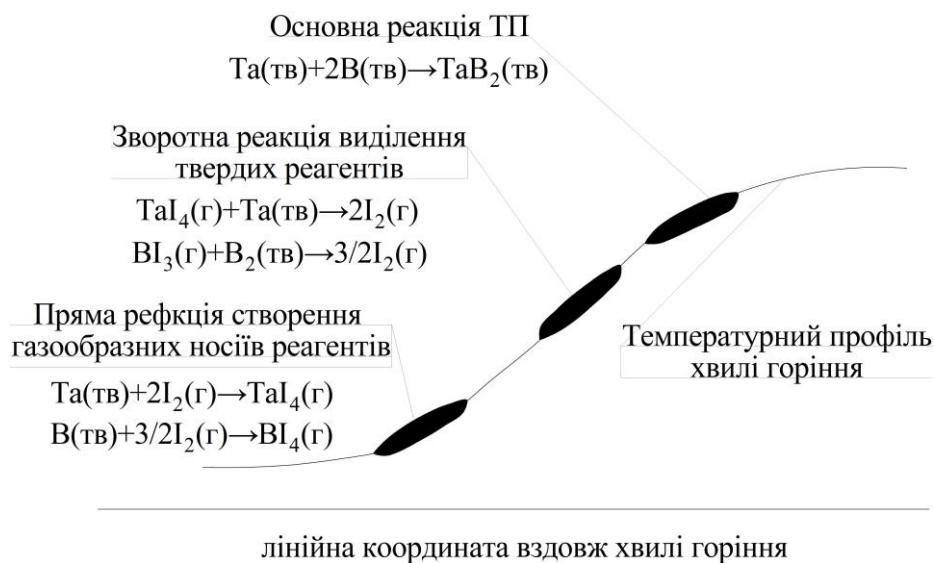


Рисунок 1. Зворотні реакції тверде тіло – газ в реальному твердому полум'ї (ТП) на прикладі системи  $Ta + 2B + aI_2$  ( $a \ll 1$ )

У низькотемпературній частині хвилі горіння  $I_2$  взаємодіє з вихідними реагентами і утворює летючі газоподібні сполуки  $TaI_4(g)$  та  $BI_3(g)$ . При просуванні хвилі горіння температура підвищується і в високотемпературній частині йде зворотна реакція розпаду цих сполук з утворенням твердих реагентів  $Ta(тв)$  та  $B(тв)$ . Новоутворені реагенти дуже активні і взаємодіють між собою і з вихідними реагентами з великою швидкістю, забезпечуючи інтенсивне тепловиділення і поширення горіння. Збільшення вмісту  $I_2$  до 2-4% призводить до збільшення швидкості горіння.

Фазовий склад і якість продукту СВС визначаються головними параметрами процесу: температурою і швидкістю горіння а також темпом охолодження гарячого продукту.

Характер останніх залежить від багатьох факторів, і одним з вирішальних може виявитися співвідношення розмірів частинок порошків металу і неметалу.

Нижче наведено термохімічне обґрунтування впливу гранулометричного складу компонентів шихти на СВС для систем, процес в яких може бути описаний при використанні класичної моделі твердого полум'я.

Якщо розміри частинок порошків металу і неметалу однакові, то при їх змішуванні утворюється монофракційна двокомпонентна статистична суміш. У такій суміші можна спостерігати контакти  $Z_{i-j}$  трьох видів: частки контактують із собою подібними, утворюючи зв'язки 1-1 і 2-2, а також утворюють різноіменні (гетерогенні) контакти 1-2. Відповідно до законів статистичної фізики ентропія такої хаотичної системи дорівнює:

$$\Delta S = -R(N_1 \cdot \ln N_1 + N_2 \cdot \ln N_2), \quad (5)$$

ймовірність виникнення одноіменних контактів пропорційна частці компоненту ( $N_i$ ):

$$z_{1-1} / zN_0 = N_1, \quad z_{2-2} / zN_0 = N_2, \quad (6)$$

а концентраційна залежність числа різноіменних контактів ( $Z_{1-2}$ ) описується симетричною параболою:

$$z_{1-2} / zN_0 = N_1 \cdot N_2, \quad (7)$$

де  $N_0$  – сумарне число частинок в системі,

$Z$  – координаційне число частки, яке в силу монофракційності – постійна величина в усьому концентраційному інтервалі. Максимальний зафіксований показник щільності упаковки для монофракційних сипучих середовищ досягає  $K = 0,64$ .

Однак при змішуванні нерівновеликих частинок ці закономірності не виконуються. Різниця в розмірах змішуваних пар призводить до збільшення  $K$ , змінює внутрішню структуру суміші (8) і викликає збільшення числа різноіменних зв'язків (9) у порівнянні з монофракційною системою.

$$z = z_0/4 \cdot (D/d + 1)^2, \quad (8)$$

де  $Z_0 = 14$  – координатне число монофракційної суміші при  $D = d$ .



$$z_{1-2} / zN_0 = 1/4N(1-N)[\alpha^0(1-N)+\beta^0N], \quad (9)$$

де  $\alpha^0 = (1 + D/d)^2$ ,  $\beta^0 = (1 + D/d)^2$ ,

$D$  і  $d$  – діаметри змішуваних частинок (при цьому  $D > d$ );

$N$  – доля частинок більшого розміру.

Це легко зрозуміти, якщо уявити, що в невпорядкованій системі однакових частинок деяка їх кількість замінюється в одному випадку таким же числом частинок аналогічного розміру, але іншого «кольору», а в іншому - частинками більшого розміру. У першому випадку число «різнокольорових» або різноіменних контактів можна вирахувати з статистики ідеальних сумішей (7), а в другому – за формулою (9), яка описує статистику двофракційних систем. Функція (9) описує сімейство несиметричних параболообразних кривих, які тим сильніше зміщені в бік компоненту з меншим розміром, чим більше відношення  $D/d$ . При значній гранулометричній відмінності змішуваних порошків коефіцієнт  $\beta^0$  у формулі (9) стає дуже незначним, і тому можна вважати, що число різноіменних контактів зростає пропорційно.

$$(1 + D/d)^2 \quad (10)$$

Фізично виправданим є припущення про те, що характер горіння при СВС залежить від числа різноіменних контактів. Уявімо ідеалізовану картину щільно упакованої статистичної сукупності частинок сферичної конфігурації металу і неметалу.

При цьому враховуємо, що діаметр частинок ( $D$ ), що застосовуються в подібних системах металевих порошків, на один-два порядки вище діаметра ( $d$ ) неметалічного порошку:  $D \gg d$ . Процес представляється так: в елементарному обсязі реакційної зони в місцях зіткнення різноіменних частинок або гетерогенних контактів порушується реакція з утворенням твердих продуктів горіння (бориди, карбіди, силіциди). Тепло що виділилося в процесі реакції розплавляє металеву частку і поширюється назовні, підігриваючи прилеглі шари шихти.

Металевий розплав, змочуючи знову утворювані тверді продукти горіння за механізмом капілярного розтікання [1], проникає до наступних шарів розігрітих, але непрореагувавших частинок неметалу і вступає з ними в реакцію. Таким чином, хвиля горіння самовільно переміщається за зразком. Наявність рідкої фази покращує контакт між реагентами, підсилює процеси тепло- і масопереносу і в цілому інтенсифікує процес горіння.

#### Список літератури

1. Шкиро В.М., Боровинская И.П. Физика горения и взрыва, 1976, 6, С. 945-948.

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ З'ЄДНАННЯ ШИП ХРЕСТОВИНИ-ВТУЛКА

Альчук К.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Дмитрів І.В.

*Національний університет „Львівська політехніка”*

*м. Львів, Україна*

Широко використання у трансмісіях сільськогосподарської техніки набули карданні передачі з шарнірами нерівних кутових швидкостей на підшипниках кочення.

Досвід експлуатації сільськогосподарської техніки показав, що карданні шарніри є вузлами, які обмежують надійність трансмісії в цілому. Надійність карданних шарнірів безперервно збільшувалася і на сьогодні досягла значного рівня.

Основними недоліками існуючих карданних шарнірів залишаються їх непристосованість до технічного обслуговування і низька ремонтпридатність внаслідок неповного використання ресурсу, закладеного в підшипникових вузлах карданних шарнірів.

Введення внутрішнього кільця голчастого підшипника, тобто встановлення тонкостінної втулки на шипі хрестовини, дозволяє здійснити операцію заміни спрацьованих поверхонь без проведення операцій розбирання підшипникового вузла.

Методика досліджень наступна. Необхідно було провести двофакторний планований експеримент на трьох рівнях із тритактною повторністю дослідів. Основними факторами згідно із статичними дослідженнями є діаметр з'єднання  $x_1$  та натяг в з'єднанні  $x_2$ . Критеріями відгуку виступають: зусилля напрусування  $y_1$  ( $R_p$ ), момент повороту  $y_2$  ( $M_k$ ) [1].

Кількість дослідів визначали за відомою формулою:

$$N = n^k, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість рівнів зміни фактора,

$$n = 3;$$

$k$  – кількість факторів,

$$k = 2.$$

Враховуючи, що загальна кількість дослідів рівна 27, що є достатньо багато, було прийнято некомпозиційний план другого порядку Бокса-Бенкена, матриця якого для двох факторів приведено в табл. 1.

Перехід від натуральних значень факторів до кодованих проводився за відомою методикою. У таблиці 2 приведено рівні варіювання факторів та їх кодові значення.

Метою дослідження було одержання математичної залежності між факторами і критеріями відгуку. Коефіцієнтів регресії визначили з використанням комп'ютера та програмного забезпечення Statistica від StatSoft inc.

**Таблиця 1. Матриця планованого двофакторного експерименту**

№ досліджу	Рівні факторів		Зусилля на пресування $R_{л, Н}$	Момент повороту $M_k, Н \cdot м$
	$x_1$	$x_2$		
1	-	-	$y_1$	$y_1$
2	+	-	$y_2$	$y_2$
3	-	+	$y_3$	$y_3$
4	+	+	$y_4$	$y_4$
5	-	0	$y_5$	$y_5$
6	+	0	$y_6$	$y_6$
7	0	-	$y_7$	$y_7$
8	0	+	$y_8$	$y_8$
9	0	0	$y_9$	$y_9$

**Таблиця 2. Рівні варіювання факторів та їх кодові значення**

Фактор	Позначення	Розмірність	Рівні факторів			Інтервал варіювання $\epsilon$
			верхній	нульовий	нижній	
			Кодові значення			
			+1	0	-1	
Діаметр з'єднання, $D$	$x_1$	мм	20	19,25	18,5	0,75
Натяг в з'єднанні, $N$	$x_2$	мкМ	20	10	0	10

Статистичне опрацювання отриманих експериментальних результатів здійснювалось за відомою методикою.

Оскільки всі досліди мають однакову повторюваність, визначення їх відтворюваності проводилось з використанням критерію Кохрена (G-критерій).

Статистична значимість коефіцієнтів регресії перевірялась на основі критерію Стьюдента ( $t$  – критерій). Адекватність кореляційної моделі визначали на основі критерію Фішера ( $F$ -критерію) [1].

#### Список літератури

1. Дмитрів І.В. Автомобільний транспорт. Теорія і практика наукових досліджень. Навчальний посібник. Національний університет «Львівська політехніка». – Львів : СПОЛОМ, 2019. 316 с.

## РЕЖИМИ РОБОТИ ОБЧІСУВАЛЬНОЇ ЖАТКИ ЯК ОБ'ЄКТ АДАПТАЦІЇ

Підгорній С.В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент, Смолінський С.В.,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*м. Київ, Україна*

Одним із відомих напрямків підвищення ефективності збирання зернових культур є використання методу обчісування зерна на корені шляхом застосування зернозбирального комбайна, що обладнаний обчісувальною жаткою. Показники ефективності роботи зернозбирального комбайна, який обладнано обчісувальною жаткою залежить як від ряду факторів: умов збирання, компоновальної схеми, параметрів і режимів роботи жатки тощо. Невідповідність режимів роботи цієї системи умовам функціонування може призвести до істотних втрат зерна, обчісування зерна з одночасним витягуванням стебла із ґрунту тощо, що істотно знижує якість отриманого врожаю та збільшує енергозатрати і затрати на проведення післязбиральної обробки зернового вороху.

Підвищення ефективності збирання врожаю зернових культур обчісувальною жаткою досягається як шляхом удосконалення її схеми і робочих органів, так і обґрунтуванням оптимальних режимів роботи, які мають відповідати умовам збирання.

Питанню розробки механіко-технологічних основ ефективного використання обчісувальних жаток при збиранні зернових культур присвячені роботи багатьох вітчизняних і закордонних вчених: П.А.Шабанова, А.С.Кушнар'ова, В.І.Кравчука, О.М.Леженкіна, А.І.Бурьянова та інших. Оскільки роботи стосуються відповідних робочих органів або умов виконання процесу, виникла потреба у розробці принципів вискоефективного застосування обчісувальних жаток із урахуванням мінливих умов роботи.

На основі проведеного аналізу апріорної інформації, результатів попередніх теоретичних досліджень процесу обчісування та експериментальних досліджень властивостей стеблостою в період збирання зернових культур встановлено доцільність адаптації режимів роботи обчісувальної жатки в мобільному процесі збирання з метою підвищення ефективності її функціонування [1]. При цьому, серед основних показників ефективності роботи обчісувальної жатки виділяють продуктивність роботи агрегата, чистоту зернового вороху та втрати зерна, а оптимізованими режимами роботи при цьому приймають: швидкість руху комбайна із жаткою, частота обертання обчісувального барабана, висота встановлення

барабана (за наявності обтікача та бітера – висота встановлення та частота обертання). Серед умов виконання процесу щодо обчисувальної жатки необхідно в процесі збирання контролювати висоту, густоту та полеглість хлібостою.

Більшість характеристик хлібостою відповідає нормальному розподілу випадкових величин, а їх можна контролювати з досить високою точністю за допомогою засобів технічного зору на комбайні з випередженням до 10 м або супутниковим скануванням стану хлібостою.

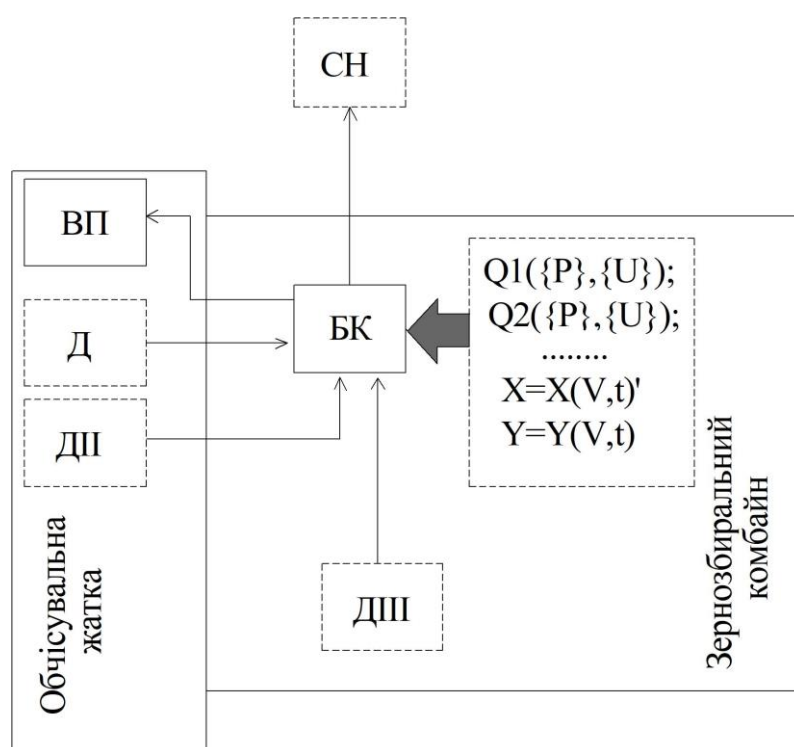


Рисунок 1. Структурно-логічна схема процесу адаптації обчисувальної жатки

Для реалізації адаптації режимів роботи обчисувальної жатки до умов збирання необхідно обладнати зернозбиральний комбайн такими основними пристроями (рис. 1):

- датчики контролю стану хлібостою ДІ (висоти стеблостою, густоти хлібостою, полеглості стеблостою), дані від яких попадають на бортовий комп'ютер БК зернозбирального комбайна;

- датчики режимів роботи обчисувальної жатки ДІІ (частота обертання обчисувального барабана, висота положення барабана відносно поверхні ґрунту, частота обертання бітера, висота положення бітера або обтічника, швидкість руху агрегата тощо), які також надсилаються до БК комбайна;

- системи навігації (СН);

- виконавчі пристрої регулювання режимів роботи ВП;
- датчики контролю якості роботи ДШ (насамперед, чистоти зернового вороху, що передається із обчисувальної жатки в комбайн).

На основі даних від датчиків контролю стану хлібостою ДІ та датчиків режимів роботи обчисувальної жатки ДШ в бортовому комп'ютері БК зернозбирального комбайна на основі моделі робочого процесу (відповідає певній марці або типу жатки) обґрунтовуються оптимальні режими її роботи  $U_1, U_2, \dots$ , та порівнюється отримане значення з контрольованим (дійсним) значенням.

У випадку співпадання дійсних значень із обґрунтованими або відповідності допустимому діапазону значень, агрегат працюватиме з цими режимами роботи, але одночасно має відбуватися контроль якості роботи датчиками ДШ.

Якщо дійсні значення режимів роботи обчисувальної жатки не відповідають оптимальному і допустимим значенням або відповідають, але контроль якості роботи датчиками ДШ визначає неякісне протікання процесу, від бортового комп'ютера БК зернозбирального комбайна подається сигнал на виконавчі пристрої регулювання режимами роботи ВП і встановлюються відповідні значення режимів роботи жатки з одночасним контролем датчиками режимів роботи обчисувальної жатки ДШ та датчиками контролю якості роботи ДШ.

У випадку застосування супутникового сканування хлібостою на основі отриманих зображень формується вегетативна модель та карта-завдання на збирання, яка завантажується у бортовий комп'ютер БК зернозбирального комбайна, і реалізується із застосуванням всіх наведених систем. Крім того, у взаємодії БК із системами навігації СН прогнозується можливе положення комбайна через деякий інтервал часу та стан хлібостою у відповідній точці на основі вегетативної моделі. Визначаються відповідно оптимізаційним моделям оптимальні режими роботи, які виконавчі пристрої ВП встановлять у відповідні моменти часу. Одночасно з цим, датчики ДІ та ДШ контролюватимуть вірність налаштування режимів роботи та значення показників якості роботи.

На основі аналізу процесу обчисування зернового вороху обчисувальною жаткою на основі теорії ігор розроблено методичку вибору стратегій для адаптації режимів роботи.

#### Список літератури

1. Смолінський С.В. Аналіз і синтез жаток зернозбиральних комбайнів / С.В. Смолінський. - К.: ЦП КОМПРИНТ, 2018. - 160 с.

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КОРМОДРОБАРОК

Дубровіна О.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Новицький А.В.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України  
м. Київ, Україна*

Технології виробництва продукції тваринництва пред'являють високі вимоги до показників надійності машин та обладнання ферм і комплексів. Втрата працездатності цих машин призводить не лише до збитків від проведення технічного обслуговування, ремонту та придбання запасних частин, але й до значних втрат від зниження продуктивності тварин.

Досвід показує, що лише через порушення режимів годівлі та поїння відмічається зниження продуктивності великої рогатої худоби на 11-16%. Проблема забезпечення необхідної надійності кормодробарок пов'язана не лише з особливостями і складністю конструкцій, але також з умовами їх експлуатації і високими швидкостями подрібнення зерна, наявністю вібрації, впливом абразивного середовища тощо.

Попередніми дослідженнями було встановлено, що з технічних причин обладнання кормоцехів простоює в межах 15–20 % робочого часу [1, 2, 3]. Дані випробувань робочих органів кормодробарок в реальних умовах експлуатації вказують на те, що зношування молотків являється причиною близько 26 % відмов кормодробарок.

Як показали дослідження, проведені на комбікормових заводах і в окремих аграрних підприємства, у кормодробарок, що знаходились під контролем, 50-55% решіт виходять з ладу в результаті зношування перемичок, а 48-50 % – в результаті аварійного руйнування, попадання в подрібнювальну камеру разом із зерном сторонніх включень (каміння, гайок, болтів тощо) [1, 2].

Вивчення умов експлуатації та працездатності шнеків кормодробарок показав, що фактичний термін їх служби на комбікормових агрегатах знаходяться в межах 2,5-3 місяців щоденної роботи [1, 2].

Як бачимо, основними причинами низької довговічності деталей кормодробарок є не лише порушення технології виготовлення, вимог монтажу, введення в роботу та умов експлуатації, але й подрібнення сумішей і зерна із підвищеним вмістом в них абразиву (понад 2-5 %).

Досвід використання кормодробарок вказує на те, що забезпечити роботу здатність вказаних машин може ремонтна служба агрофірм, ремонтні та сервісні

підприємства різних рівнів за рахунок виконання повного обсягу ремонтно-обслуговуючих дій.

Щодо технічного обслуговування і ремонту, то для кормодробарок передбачено диференційований підхід при встановленні періодичності проведення та трудомісткості цих робіт. Найбільш перспективним для обладнання з приготування кормів є агрегатний метод ремонту, який передбачає заміну непрацездатних агрегатів та складальних одиниць на нові або ж відремонтовані, із обмінного фонду. Широка гамма машин для подрібнення зерна вказує на необхідність детального аналізу їх конструкції, вивчення характерних відмов робочих органів, обґрунтування можливості використання уніфікованих технологій ремонту типових деталей.

Для машин з приготування кормів, включаючи кормодробарки, проводять щоденне технічне обслуговування (ЩТО), технічне обслуговування №1 та технічне обслуговування при зберіганні. Періодичність проведення ТО-1 – один раз на місяць (або ж через 120 годин експлуатації).

Отже, надійність техніки для приготування кормів визначається дотриманням вимог експлуатації, технічного обслуговування і ремонту, забезпеченням кваліфікації персоналу [4, 5].

#### Список літератури

1. Бойко А. І., Новицький А. В., Морозовська З. А. Аналіз конструктивних рішень решіт зернодробарок, направлених на підвищення їх довговічності. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. К.: НУБіП України, 2014. Вип. 196, ч. 2. С. 165–172.
2. Моисеев А. А., Тененбаум Л. В., Кратковский Г. И. Исследование изнашивания материалов в потоке измельченного зерна. Исследование и конструирование машин и оборудования для животноводства. К.: ВНИИживмаш, 1975. Вып. 1. С. 185–187.
3. Морозовська З.А. Основні види пошкоджень деталей решітних зернодробарок. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. К.: НУБіП України, 2014. Вип. 196, ч. 1. С. 283–286.
4. Новицький А.В. Метод оцінки роботоздатності кормоподрібнюючих машин. Механізація сільськогосподарського виробництва. К.: НАУ, 1998. Т. IV. С. 63–68.
5. Сидашенко А. И. Теоретическое исследование формы изношенной поверхности молотка дробилки и ее влияние на качество дробления. Технология повышения долговечности восстановленных деталей. М.: МИИСП, 1985. С. 60–71.



## ІНЕРЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ

Вишнякова А. О.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Антощенко Р. В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

MEMS датчики широко застосовуються також в автомобільній промисловості для керування подушками безпеки, в охоронній сигналізації і навігаційних системах для розрахунку пройденого шляху або визначення маршруту проходження.

Датчики мають такі особливості:

- поліпшені характеристики функціонування;
- високу надійність і стійкість до зовнішніх впливів;
- низьку вартість.

Принцип роботи сенсорів руху (акселерометрів і гіроскопів) заснований на вимірі зсуву інерційної маси щодо корпусу та перетворенні його в пропорційний електричний сигнал. Під дією прикладених керуючих електричних сигналів підвішена маса робить коливання і між пластинами утворюється конденсатор, величина ємності якого залежить від відстані між ними. Для зменшення габаритних розмірів застосовується вертикальна конструкція розташування компонентів датчиків [1]. Під впливом сили прискорення ємність конденсатора змінюється (рис. 1).

Акселерометри ST, залежно від моделі, здатні вимірювати прискорення або вібрацію в одному або одночасно двох і трьох напрямках. Значення зсуву вимірюється та залежно від типу вихідного інтерфейсу перетворюється в аналоговий або цифровий вихідний сигнал [2].

На разі тривісний цифровий MEMS акселерометр та компас LSM303DLM забезпечує високу точність і стабільність із 16-розрядним перетворенням та є самим тонким у світі серед подібних пристроїв. Товщина його корпусу становить усього 0,75 мм, а площа – 3x5 мм.

Варто зауважити, що сімейство MEMS гіроскопів містить трьохосьові датчики (крен, тангаж та рискання). Базовим параметром гіроскопів є чутливість – відношення зміни вихідного сигналу до зміни кута повороту.

Поєднання акселерометра та гіроскопа дозволяє створювати інтегровані інерційні вимірювальні системи (Inertial Movement Units, IMU) або інерційні навігаційні системи, що використовуються при дослідженнях руху по трьом координатам (в просторі). Розроблено інерційно-вимірювальний пристрій, що складається з трьохосьового акселерометра (LSM303DLHC) та гіроскопа (L3G4200D) (рис. 2, а). В даному модулі знаходяться 6 чутливих елементів та мікроконтролер для обробки сигналів (рис. 2, б).

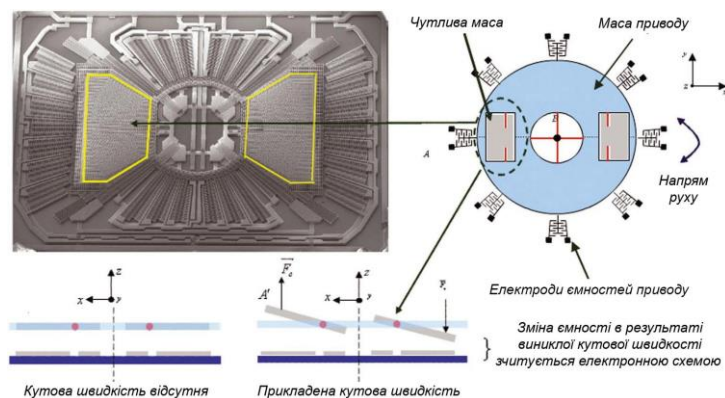


Рисунок 1. Топологія МЕМС датчика

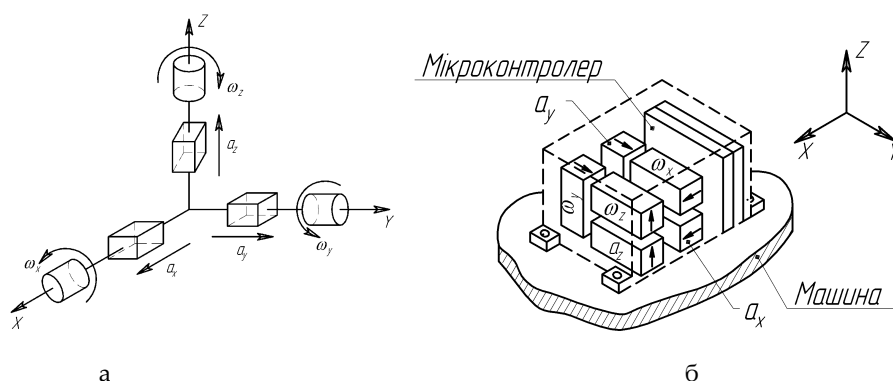


Рисунок 2. Розташування вимірювальних елементів в інерційно-вимірювальному пристрої відносно осей (а) та в закритому корпусі, установленому на машину (б)

Контроль технічного стану об'єктів (агрегатів, тракторів, машин) здійснюється в процесі функціонального (або тестового) діагностування, що виконується з необхідним ступенем точності на основі робочих (або тестових) впливів. Залежно від стадії процесу розрізняють операційний і приймальний контроль об'єктів. Перший проводиться під час виконання технологічного процесу (або операції), а другий під час приймання виконаної роботи (або готової продукції). За ступенем використання засобів контролю розрізняють вимірювальний, реєстраційний, органолептичний і розрахунковий методи контролю об'єктів (або якості продукції).

Вимірювальний контроль проводиться на основі застосування технічних засобів вимірювань, а реєстраційний здійснюється за допомогою спостережень і розрахунків числа певних подій (ознак).

### Список літератури

1. Антощенко Р. В., Антощенко В. М., Кашин Д. В. Вимірювальна система динамічних та енергетичних показників орного агрегату. *Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ*. Х.: ХНТУСГ, 2015. Вип. 156. С. 320-326.

2. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоеlementних машинно-тракторних агрегатів: монографія. Х.: ХНТУСГ. «Міськдрук», 2017. 244 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО РЕМОНТУ ОБ'ЄМНИХ ГІДРОПРИВОДІВ

Яндюк Б.І.

**Науковий консультант:** доцент Сиромятніков П.С.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Аналіз конструкцій сучасних вітчизняних і зарубіжних сільськогосподарських машин показав, що однією з найбільш відповідальних систем, що впливають на надійність техніки, є об'ємний гідропривід.

Широке застосування об'ємного гідроприводу ГСТ-112 на сільськогосподарській техніці обумовлено рядом переваг, до яких відноситься безступінчасте регулювання швидкості обертання і реверсування гідромотора, компактність, високий ККД до 0,97, придатний для роботи при частотах обертання до 3000 об/хв і тиску до 42 МПа, володіє малою інерційністю.

Механізм втрати працездатності об'ємного гідроприводу полягає в тому, що зростання сумарного внутрішнього витоку рідини в з'єднаннях безпосередньо знижує фактичну подачу і об'ємний ККД.

Аналіз існуючих способів і засобів оцінки працездатності об'ємних гідроприводів показав, що потрібна розробка пристрою для оцінки технічного стану ГСТ-112.

Існуючі методи ремонту об'ємних гідроприводів в сервісних центрах і на підприємствах технічного сервісу не дозволяють підвищити міжремонтний ресурс ГСТ. Існує гостра необхідність у розробці нових, економічно доцільних технологій ремонту об'ємних гідроприводів, що забезпечують технічний стан та підвищення міжремонтного ресурсу агрегатів до нового рівня.

Перспективним напрямком підвищення міжремонтного ресурсу агрегатів є нанесення на робочі поверхні деталей покриттів з необхідними функціональними властивостями.

Одним із способів формування таких покриттів, що відповідають вимогам універсальності, локальності обробки, невеликих витрат на експлуатацію обладнання та можливості використання великої гами електродних матеріалів, є електроіскрова обробка (ЕІО) [1].

### Список літератури

1. Сідашенко О.І., Скобло Т.С., Тіхонов О.В., Власовець В.М., Аветісян В.К., Гончаренко О.О., Сайчук О.В., Сиромятніков П.С., Бантковський В.А., Рибалко І.М., Автухов А.К., Мартиненко О.Д., Маніло В.Л. Практикум з ремонту машин та обладнання. Методичні рекомендації та завдання щодо виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форми навчання – Х:ХНТУСГ, 2015 – 196 с.

Секція 5

«Експлуатація і технічний сервіс  
автотранспорту»

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕФОРМУВАННЯ ПАКЕТУ ГНУЧКИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРУЖНОЇ МУФТИ

Думанчук М.Ю.ст. викладач

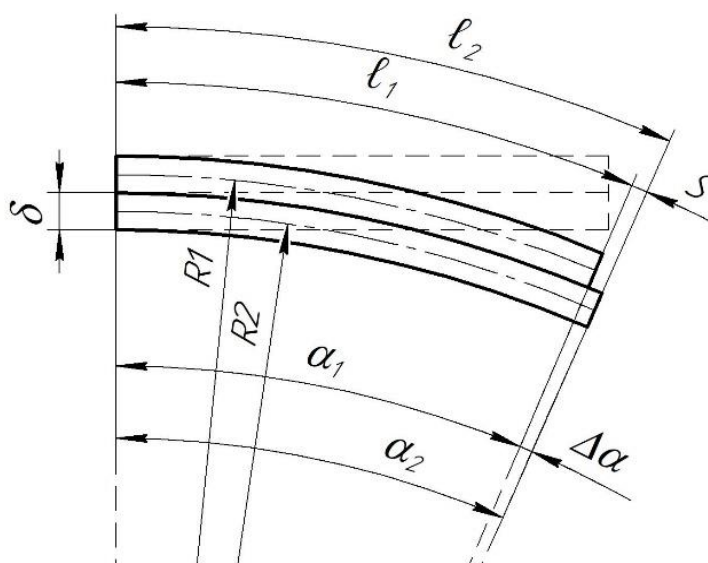
Сумський національний аграрний університет

м. Суми, Україна

Широке застосування в промисловості знаходять муфти з пружними кільцевими елементами типу МСК. Вони призначені передачі крутного моменту і компенсації неспіввісності і відносних осьових переміщень валів, що з'єднуються. Ці муфти мають високу радіальну гнучкість і можуть передавати великий крутний момент.

Накопичений практичний досвід експлуатації пружних муфт з пакете гнучких елементів (ГЕ) показує, що для забезпечення раціонального рівня їх надійності та довговічності необхідно захищати пластини пакета від фретинг-корозії. Відомо, що процеси фретинг-корозії починаються при наявності взаємного зміщення контактуючих поверхонь більше ніж на 0,025 мкм і при його збільшенні швидкість процесу збільшується. Вважаємо з практичного досвіду, що критичним є зміщення 1,5...2 мкм, наявність якого призводить до передчасного руйнування пакета гнучких елементів і виходу муфти з ладу.

В процесі роботи муфти гнучкі елементи викривляються, що призводить до виникнення взаємного проковзування. Геометричне моделювання цього процесу показано на рис. 1.



Рисинок 1. Геометрична модель прослизання пластин при викривленні пакета.

Виходячи з геометричних міркувань, величина проковзування буде визначатися виразом:

$$S = \frac{\ell \delta}{R_2 + \delta} \quad (1)$$

або для довільної пластини пакета:

$$S = \frac{\ell \delta}{\rho + \delta}, \quad (2)$$

де  $\ell$  - відстань від болта, що стягує пакет ГЕ, мм;

$\rho$  - радіус кривизни нейтральної осі зігнутої пластини, мм;

$\delta$  - товщина пластини, мм.

Як відомо [1], кривизна нейтральної осі зігнутої балки залежить від навантаження і геометричних характеристик перерізу, і може бути представлена у вигляді рівняння:

$$\rho = \frac{EI}{M_{(x)}}, \quad (3)$$

де  $E$  - модуль пружності I-го роду матеріалу пластини;

$I$  - момент інерції площі поперечного перерізу;

$M_{(x)}$  - згинальний момент в довільному перерізі пластини.

Проведений аналіз напружено-деформованого стану пластин пакета гнучких елементів, дозволив визначити силові фактори діють на пластини і отримати епюри внутрішніх напружень і деформацій пластин. Були отримані рівняння повних прогинів і кутів повороту поперечних перерізів пластини.

Виконавши розрахунки для конкретної моделі муфти мінімального радіусу кривизни зігнутої пластини та користуючись виразом (2) можемо визначити відстань від болта що стягує пакет ГЕ, на якому величина проковзування пластин відповідає встановленим обмеженням: не більше 1,5 мкм.

Це дозволяє встановити ділянки ГЕ на яких необхідно застосування додаткових заходів щодо зниження їх фреттинг-корозії.

#### Список літератури

1. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов: 5-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 1989. – 624 с.

## ВІДНОВЛЕННЯ КУЛАЧКІВ РОЗПОДІЛЬНОГО ВАЛУ ПЛАЗМОВИМ НАПЛАВЛЕННЯМ

Огульчанський А.Г.

**Науковий консультант:** к.е.н., доцент Колпаченко Н.М.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

При ремонті деталей газорозподільного механізму двигуна внутрішнього згоряння певну складність представляє відновлення кулачків розподільного валу. Від якості їх відновлення залежить надійність роботи двигуна, його економічні та екологічні показники.

Підвищення ефективності і зниження трудомісткості ремонту сільськогосподарської техніки безпосередньо пов'язане з використанням сучасних способів відновлення деталей і нових матеріалів. До таких способів належить плазмове наплавлення, яке дозволяє використовувати порошкові зносостійкі наплавочні матеріали, що забезпечують підвищення терміну служби деталей в 2-8 рази.

Перед традиційними дуговими способами плазмове наплавлення має наступні переваги: високу продуктивність і низьку енергоємність; дозволяє одержувати наплавлені шари малої товщини з відносно низьким тепловим впливом на деталь; забезпечує низький ступінь переміщення основного і наплавленого матеріалу, що сприяє збереженню в наплавленому металі вихідних фізико-механічних властивостей наплавочного матеріалу; відновлення деталей плазмовим наплавленням не вимагає спеціальної підготовки поверхні і наступної термічної обробки.

У цей час використання плазмового наплавлення на ремонтних підприємствах стримується відсутністю спеціалізованого устаткування і технологій відновлення конкретних деталей.

*Ціль роботи.* Розробити технологію відновлення кулачків розподільних валів двигунів внутрішнього згоряння плазмовим наплавленням, забезпечивши при цьому їх ресурс не нижче ресурсу нових.

*Об'єкт і предмет дослідження.* Об'єктом досліджень є розподільні вали двигунів внутрішнього згоряння, а предметом дослідження є наплавочні матеріали, технологія, відновлення кулачків, копіювання профілю кулачків, дозування наплавочних порошків живильниками барабанного типу.

*Практична цінність* роботи полягає в розробці технології відновлення кулачків розподільних валів плазмовим наплавленням, що забезпечить збільшення їх ресурсу в 2-3 рази.

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. "Агроосвіта", 2014 – 665 с.

## ВІДНОВЛЕННЯ ЗОВНІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ПОРИСТИМИ ПОКРИТТЯМИ

Омельченко В.А.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Романченко В.М.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

У процесі експлуатації двигуна - у результаті природного зношування сполучень і порушення регулювань його основних систем і вузлів - на 25-30% зростає нерівномірність роботи циліндрів, на 35% знижується ефективна потужність, на 25% збільшується витрата палива, погіршуються інші техніко-експлуатаційні показники. Подальше форсування дизелів супроводжується значним підвищенням максимального тиску згоряння палива, при цьому вимоги по надійності також зростають. З літературних джерел відомо, що форсування дизелів, а саме, ріст числа обертів і середнього ефективного тиску приводить, крім, інших типів зношування, що зустрічаються у двигуні, ще й до появи кавітаційного виду зношування. Його результатом є утворення достатньо глибоких раковин на обмеженій площі, які не мають слідів відкладань, наприклад, продуктів корозії.

Найкращими умовами для інтенсифікації процесу кавітаційного зношування є робота двигуна на холостих обертах, низька температура охолоджувальної рідини й часта зміна навантажень, що характерно для їзди автомобіля по місту в осінньо-зимовий і зимово-весняний періоди року, тобто від 1/2 до 3/4 від загального часу експлуатації. Різновісність стінки гільзи, що з'являється в результаті кавітаційного зношування, тим більше співпадаюча із площиною максимального механічного зношування її внутрішньої поверхні, приводить до збільшення деформацій гільзи в блоці. Незважаючи на велику кількість робіт, присвячених підвищенню надійності циліндро-поршневої групи двигуна внутрішнього згоряння, ця проблема повністю не вирішена дотепер. У зв'язку із цим розробка способу підвищення кавітаційної стійкості циліндро-поршневої групи є актуальним завданням.

*Ціль дослідження* - підвищення ресурсу гільз циліндрів дизелів шляхом створення на їхній зовнішній поверхні пористого покриття.

*Об'єкт дослідження* - закономірності кавітаційного зношування зовнішньої поверхні гільз циліндрів з нанесенням пористого покриття.

*Практична значимість роботи* полягає в розробці технології відновлення зовнішніх поверхонь гільз циліндрів пористими покриттями, методом електроіскрової обробки, що підвищує їхній ресурс.

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. "Агроосвіта", 2014 – 665 с.



## ОСНОВНІ НЕСПРАВНОСТІ ГОЛОВОК БЛОКУ І МЕХАНІЗМУ ГАЗОРОЗПОДІЛУ ДВИГУНІВ

Гожа Д.М.

**Науковий консультант:** доцент Бантковський В.А.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Функціональне призначення механізму газорозподілу - герметизація камери згоряння і організація газообміну. Вплив сполучень деталей клапанної групи на показники роботи двигуна коротко характеризуються наступним:

1) клапан-сікло: а) прорив газів, прогоряння - зниження надійності; б) зниження потужності і підвищення витрати палива.

2) клапан-втулка: а) перекося клапана - погіршення наповнення, тобто потужності і економічності, надійності; б) збільшення механічних втрат (тертя при перекосях); в) збільшення витрати змащення.

3) коромисло-клапан (зношування робочих поверхонь): а) зменшення час-перетину клапана - зниження потужності і економічності.

До очікуваних поступових відмов ГРМ «по параметру» відносять: а) зміна до граничних значень теплового зазору в клапанах; б) зрушення фаз газорозподілу; в) зміна до граничних значень зазору між стеблом клапана і напрямною втулкою; г) нагромадження нагару на клапанах; д) поступове зниження пружності пружин; е) граничне утопання клапанів; ж) поява раковин на фасках сідел і клапанів (втрата герметичності клапанного сполучення). До найбільш нестабільних параметрів відноситься зміна теплового зазору в приводі клапана. Вживання заходів по запобіганню відмови по даному параметру включене в перелік обов'язкових робіт (ТО і ПР), які проводяться у плановому порядку.

Найпоширенішими дефектами головок блоку циліндрів двигунів є: 1 - зношування втулок клапанів; 2 - зношування клапанних сідел; 3 - зношування фасок і стебел клапанів; 4 - втрата пружності клапанних пружин; 5 - тріщини перемичок між отворами під розпилювачі форсунок і сідлами клапанів; 6 - негерметичність стаканів форсунок і заглушок.

Головними причинами вибракування головок циліндрів при капітальних ремонтах двигунів є: 1 - тріщини водяних сорочок від розморожування і термовтомності металу; 2 - труднощі повторної заварки тріщин, пор і раковин; 3 - ослаблення посадки сідел у гніздах; 4 - обрив клапанів; 5 - зменшення висоти головок до неприпустимих значень. Таким чином, завдання забезпечення якості відновлення деталей клапанної групи, надійності і довговічності герметизації клапанних пар, є однієї з першорядних у технологічному процесі ремонту двигуна. У сучасних умовах з використанням наукомістких технологій і устаткування, це завдання затребуване для розв'язку і практичної реалізації на вітчизняних ремонтних підприємствах.

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. "Агроосвіта", 2014 – 665 с.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ЦПГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Поставка П., Тильнов Н.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Сорокін С.П.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Технічний стан циліндропоршневої групи (ЦПГ) є одним із важливих факторів, що впливають на основні техніко-експлуатаційні показники двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ).

Найбільші прості енергетичних засобів в експлуатації пов'язані з відновленням і підтриманням робочого стану ДВЗ, в яких однією з ресурсовизначальних є циліндро-поршнева група, що займає за часткою міжремонтних відмов в дизелях друге і в бензинових ДВС третє місце.

Внаслідок недосконалості технологій та засобів оцінювання технічного стану двигунів виникають діагностичні помилки, в результаті яких в ремонт потрапляють ДВЗ, що не використали на 35 - 45% встановлений заводом-виробником ресурс [1].

Узагальненим параметром технічного стану ЦПГ є пневматична щільність камери згоряння, яка залежить від визначеного переліку структурних параметрів та може бути оцінена за компресією, падінням тиску повітря при опресовуванні камери стисненим повітрям, повним та залишковим вакуумом у камері згоряння, величиною та характером коливань струму акумулятора на пусковому режимі, коефіцієнтом корекції паливоподачі. У новому двигуні відсоток витоків через нещільність камери згоряння становить 10-15%. Витоки більші за 60-70% свідчать про граничний стан ЦПГ двигуна.

Для безпосереднього визначення пневмоцільності ЦПГ використовують спеціальні прилади - пневмотестери (лік-тестери) [2], моніторинг ринку яких в Україні вказує на актуальність їх удосконалення шляхом моделювання процесів для обґрунтування їх раціональних параметрів.

Дросель, який встановлюється в пневматичній схемі пневмотестера, являє собою опір (тонка пластина з отвором), на якому відбувається падіння тиску при перетіканні повітря. Найбільше поширення у пневмотестерах набули дроселі, виконані у вигляді отвору з гострими краївками в тонкій стінці. Діаметр отвору знаходиться у межах 0,6-1,2 мм.

Результати розрахунків термодинамічних процесів перетікання повітря через дросельний отвір пневмотестера (розрахункові пневматичні характеристики), дозволяють більш обґрунтовано проводити вибір геометричних параметрів дроселя і параметрів потоку повітря (перепаду тиску на дроселі) при виборі приладу для діагностування двигунів різної розмірності і різного технічного стану. Розрахункова схема пневмотестера наведена на рис. 1.

З точки зору термодинаміки процесів що протікають у наведеній схемі, найбільш близькою по суті є термодинамічна теорія витoku газів і пари з резервуара необмеженої ємності [3].

Такий резервуар являє собою деяку умовну посудину (камеру опорного тиску), у якій в продовж всього процесу витікання початкові параметри робочого тіла (у нашому випадку повітря) залишаються незмінними ( $P_1, v_1, T_1 = \text{const}$ ; абсолютний тиск, питомий об'єм і абсолютна температура постійні).

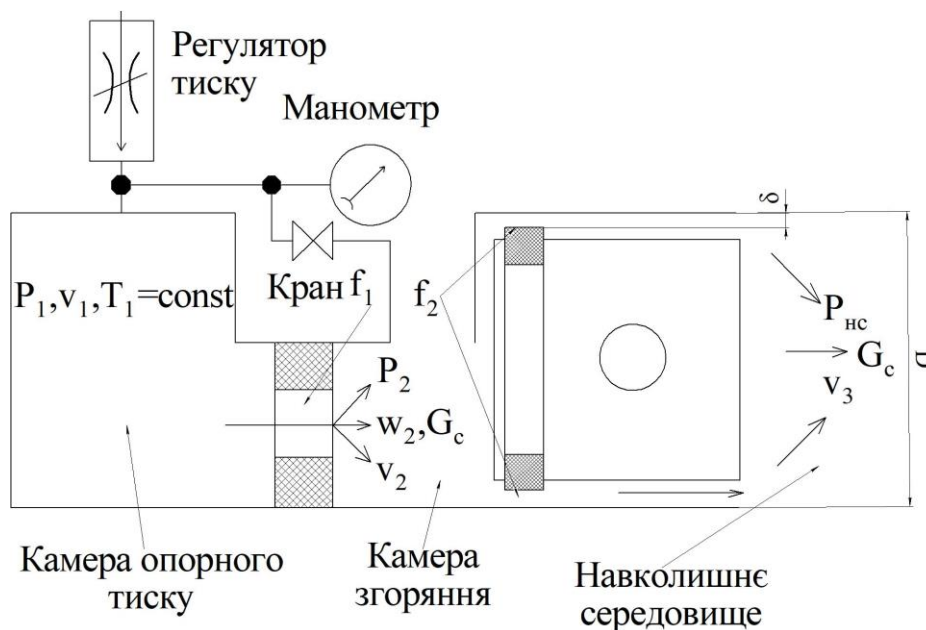


Рисунок 1. Розрахункова схема діагностування ЦПГ за допомогою пневмотестера

Методика розрахунку пневматичних характеристик тестера та послідовність її проведення наведена у [4]. На рис. 2 представлена графічна інтерпретація результатів розрахунків за запропонованою методикою.

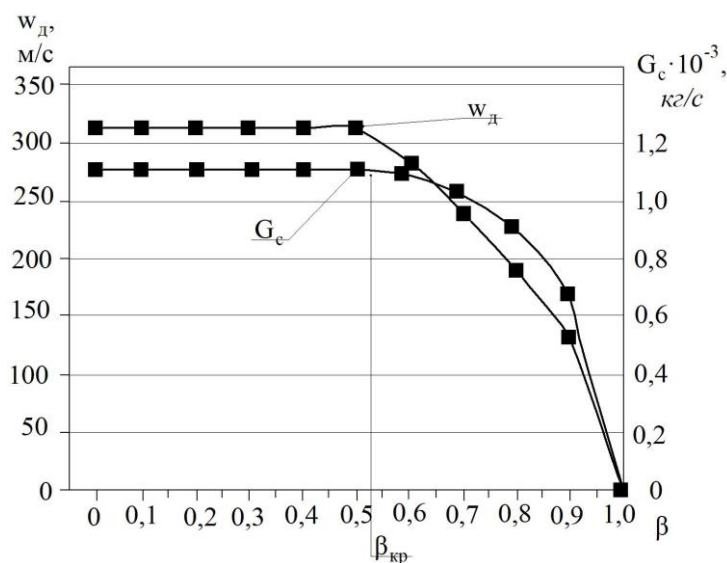


Рисунок 2. Пневматична характеристика пневмотестера

#### Висновки:

1. Для підвищення точності вимірювання діагностичного параметра та зниження вірогідності діагностичної помилки конструкція пневмотестера повинна виконуватися по схемі з одним вимірювальним приладом.

2. Пневматична характеристика пневмотестера має нелінійний характер. Вигляд характеристики залежать від діаметру отвору дроселя і величини тиску у камері опорного тиску  $P_1$ .

3. Значення номінального, допустимого і граничного значення пневмоощільності для конкретного двигуна визначаються діаметром дросельного отвору, діаметром циліндра двигуна і перепадом тиску на дроселі.

#### Список літератури

1. Полянский А.С. Повышение долговечности новых и отремонтированных двигателей в период эксплуатации / Полянский А.С., А.А.Молодан // Механіка та машиновудування: Науково-технічний журнал, № 2. Харків, ХГП –2011. С. 151- 157.

2. Пневмотестер, назначение, устройство, использование тестера герметичности (ПТ-1force) - Режим доступу: <https://etlib.ru/blog/660-pnevmtotester>.

3. Дементий Л.В., Кузнецов А.А., Менафова Ю.В. Сборник задач по технической термодинамике и теплопередаче. – Краматорск: ДГМА, 2002. - 260с.

4. Сорокін С.П. «Обґрунтування параметрів пневмотестера для контролю технічного стану циліндро-поршневої групи двигуна» / Козаченко О.В., Шкрегаль О.М., Каденко В.С., Блезнюк О.В., Зозуля Д. // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – Харків: 2019. – № 15. – С. 49-59.

## ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ДІАГНОСТИКИ ЦПГ ДИЗЕЛІВ ЗА ТЕМПЕРАТУРНИМ ПАРАМЕТРОМ КАМЕРИ ЗГОРАННЯ

Джанаєва О.Е.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Дмитрів І.В.

*Національний університет „Львівська політехніка”*

*м. Львів, Україна*

Діагностика двигуна внутрішнього згорання уможливорює оперативний контроль параметрів і на основі цього запропонувати рекомендації із подальшої експлуатації. Опрацювання отриманих значень параметрів, формування баз даних, прогнозування із використанням регресійних моделей забезпечується за допомогою використання спеціалізованих мікроконтролерів [1]. Одним з таких параметрів для оцінки ресурсу ЦПГ слугує температурний параметр камери згорання.

Методи проведення досліджень передбачали вимірювання наступних величин:

- тиск – манометром герметично з'єднаного каналом з камерою згорання через відповідну насадку;
- температури в камері згорання – термопара (вібростійка) моделі ТХК (рис. 1, а);
- перетворювач сигналу (одноканальний) моделі Б-ИТ-УН-И (рис. 1, б).



а



б

Рисунок 1. Загальний вигляд термопар марки ТХК (а) та перетворювача сигналу Б-ИТ-УН-И (б)

Отримані результати вимірювань необхідно було опрацювати та підтвердити їх точність додатковими вимірюваннями. Для цього використовувався універсальний мобільний комплекс [2]. До складу цього комплексу входять наступні елементи [2-4]:

- комп'ютер з платою АЦП L-154 (рис. 2, а);
- сенсор тиску, розроблений на основі сенсора ВМР180 (рис. 2, б).



а



б

Рисунок 2. Загальний вигляд АЦП L-154 (а) та сенсора тиску (б)

Максимальне значення тиску та температури досягається на такті стиску. Дослідження впливу температури в камері згорання ДВЗ на спрацювання ЦПГ передбачали:

- Вимірювання витоків у ЦПГ та температури в камері згорання за прогрітого ДВЗ (без запалювання суміші);
- Отримання даних про спрацювання гільз циліндрів в зоні зупинки верхнього компресійного кільця (зв'язок параметрів).

Кількість двигунів для достовірності інформації визначали [20]:

$$N = \frac{t_{\alpha}^2 \cdot V^2}{E^2}, \quad (1)$$

де  $t_{\alpha}$  – табличне значення коефіцієнта Стюдента;

$V$  – варіаційний коефіцієнт;

$E$  – точність розрахунків.

Імовірність безвідмовності ДВЗ визначається:

$$P(L) = \frac{N_0 - n}{N_0}, \quad (2)$$

де  $N_0$  – необхідна кількість двигунів;

$n$  – кількість відмов за певне напрацювання.

Відповідність експериментальних та теоретичних даних проводять із використанням коефіцієнту кореляції [4]:

$$r = \frac{K_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}, \quad (3)$$

де  $K_{xy}$  – змішаний момент;

$\sigma_x, \sigma_y$  – середньоквадратичне відхилення величин  $x, y$ .

Кореляційне відношення [4]:

$$\eta = \sqrt{\frac{\sigma_{xy}^2}{\sigma_y^2}}, \quad (4)$$

де  $\sigma_{xy}$  – дисперсія критерію відгуку (вплив  $x$ );

$\sigma_y$  – загальна дисперсія (загальний вплив).

#### Список літератури

1. Дмитрив І.В., Дмитрив В.Т. Алгоритмы диагностики двигателей внутреннего сгорания. *Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. Lublin – Rzeszow, Vol. 18, 2016. № 5. P. 27-33.

2. Адамчук В.В., Дмитрив В.Т., Дмитрив І.В., Лаврик Ю.М. Адаптивний мікропульсатор автоматизованого доїльного апарата. Теорія та експеримент. Монографія. Львів. нац. аграрн. ун-т. Львів: СПОЛОМ, 2016. 152 с.

3. Дмитрив В. Т., Лаврик Ю. М., Дмитрив І. В. Інтелектуальний сенсор доїльного апарата. *Всеукраїнська науково-практична конференція «Промислова автоматизація в Україні. Просвіта та підготовка кадрів»*, 24-25 листопада 2016 року: тези доповідей. Відп. за вип. Микийчук М.М. Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2016. 18-19 с.

4. Дмитрив І.В. Автомобільний транспорт. Теорія і практика наукових досліджень. Навчальний посібник. Національний університет „Львівська політехніка”. – Львів : СПОЛОМ, 2019. 316 с.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ НАРУЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Миранович Н.А.

**Научный консультант:** к.т.н. Ворошуха О.Н.

*Белорусский национальный технический университет,  
г.Минск, Республика Беларусь*

Износостойкость трущихся поверхностей деталей машин во многом определяется состоянием их рабочих поверхностей, основные свойства которых формируются на операциях финишной обработки [1]. При этом возрастающие требования к надежности деталей трансмиссий мобильных машин и двигателей внутреннего сгорания вызывают необходимость совершенствования технологических процессов их изготовления, в том числе и применением новых отделочных методов обработки. Одними из эффективных для обработки восстановленных деталей с цилиндрическими поверхностями являются способы, основанные на использовании эластичной связки или незакрепленного абразива. К числу таких относится и технология магнитно-абразивной обработки (МАО), обеспечивающая требуемое качество рабочей поверхности [2, 3].

На основании полученных результатов исследований [2, 4] разработан технологический процесс магнитно-абразивной обработки наружных цилиндрических поверхностей деталей с регенерацией абразивной щетки, а также изготовлена установка для МАО модели ЭУ-6.

Разработанный технологический процесс МАО восстановленных деталей типа «втулка» с применением дополнительной магнитной системы для регенерации абразивной щетки (например, поршневых пальцев двигателя ЗМЗ-24) состоит из следующих операций:

1 Сортировка. Поступившие для восстановления поршневые пальцы сортируют по внутреннему диаметру на три группы. Замеряют отверстия сортировочными линейками с обоих концов поршневого пальца. Размерную группу поршневого пальца определяют по наибольшему диаметру отверстия.

2 Отжиг. Для отжига поршневые пальцы укладывают в железные ящики и засыпают песком. В каждый ящик следует укладывать поршневые пальцы одной размерной группы. Отжиг пальцев производят при температуре  $815 \pm 15^\circ$  с выдержкой при этой температуре 1,5–2 часа и последующим медленным охлаждением в течение 12–15 часов. Твердость отожженных пальцев должна быть в пределах  $HRC\ 20 - 28$ .



3 Прошивка. Прошивку пальцев производят пуансонами из стали 5ХГМ, 5ХНМ, У7 или У8. Для раздачи палец устанавливают в матрицу приспособления, рабочую часть пуансона смазывают машинным маслом и прошивают на гидравлическом прессе П6330. Прошивку производят в 2 – 3 прохода пуансонами с последовательно установленными диаметрами до получения наружного диаметра поршневого пальца, равного 25,5 – 25,7 мм.

4 Диффузионное насыщение углеродом. Для цементации в отверстия поршневых пальцев засыпают сухой песок и их торцы заделывают замазкой, состоящей из 70% огнеупорной глины и 30% сухого песка, замешанного на жидком стекле. После замазки отверстий поршневые пальцы просушивают. Подготовленные таким образом пальцы укладывают в железные ящики и засыпают карбюризатором (85 – 90% березового угля и 10 – 15% углекислого натрия). Ящики с поршневыми пальцами загружают в термическую печь, нагревают до температуры 900 – 940° и выдерживают при этой температуре 3 – 6 часов. Глубина цементационного слоя наружной цилиндрической поверхности поршневого пальца должна составлять 1,3 – 1,7 мм.

5 Закалка. Закалку производят при температуре  $800 \pm 10^\circ$  в масле и отпуск при температуре  $210 \pm 10^\circ$  в масле. Твердость наружной поверхности поршневого пальца должна быть  $HRC\ 56 - 62$ . Замер твердости необходимо производить в трех точках по окружности, на равных расстояниях друг от друга.

6 Круглошлифовальная. Термообработанные поршневые пальцы шлифуют до диаметра 25 (+0,01+0,02) и шероховатости  $Ra\ 0,63$  мкм на круглошлифовальном станке мод. 3М152В.

7 Магнитно-абразивная обработка. Поршневые пальцы обрабатывают до диаметра 25 (-0,01) и шероховатости  $Ra\ 0,1$  мкм. Обработка производится ферроабразивным порошком (ФАП) – FeTiC 50% ТУ 6-09-03-483-81, коэффициент заполнения рабочего зазора  $K_z = 1$ , индукция основного магнитного поля  $B_o = 0,9$  Тл, индукция дополнительного магнитного поля  $B_d = 1,9$  Тл, интервал включения дополнительной магнитной системы  $u = 5$  с, продолжительность цикла работы дополнительной магнитной системы  $\tau_d = 6$  с, зазор  $\delta = 1$  мм [5].

8 Контроль размеров и качества. Поршневые пальцы проверяются на наличие фасок, отсутствие острых кромок внешним осмотром. Производится контроль размеров и измерение шероховатости наружной цилиндрической поверхности.

Для производственных испытаний восстановленные детали (валы промежуточные 3302-1701048 коробки перемены передач ГАЗ-3302) из стали 12ХНЗА были обработаны на следующих технологических режимах МАО: скорость главного движения  $v = 0,9$  м/с, время обработки  $\tau = 30$  с, магнитная индукция основной магнитной системы  $B_o = 0,9$  Тл, магнитная индукция

дополнительной магнитной системы  $B_d = 1,9$  Тл, интервал включения дополнительной магнитной системы  $u = 5$  с, продолжительность цикла работы дополнительной магнитной системы  $\tau_d = 6$  с, зернистость ферроабразивного порошка FeTiC  $\Delta = 100-160$  мкм, СОЖ – «Виттол – 100».

Производственные испытания партии обработанных деталей показали, что магнитно-абразивная обработка с ориентированием ферроабразивных зерен (ФАЗ) и регенерацией режущего контура инструмента импульсным магнитным полем обеспечивает микропрофиль поверхностей с шероховатостью  $Ra$  0,24 – 0,16 мкм и повышает производительность финишной абразивной обработки в 4,5 – 4,7 раза, по сравнению с применяемой на ремонтном предприятии технологией полирования.

Следует отметить, что разработанная технология и устройство для ее реализации может также найти применение в производствах деталей гидроаппаратуры диаметром 10 – 70 мм, станкостроительными предприятиями, а также учреждениями образования машиностроительного профиля.

Использование МАО с ориентированным резанием зернами ФАП и импульсной регенерацией контура режущего инструмента позволяет производить обработку деталей всегда острыми кромками ФАЗ. Такое резание позволит не только удалять вершины микропрофиля поверхностей деталей после предшествующих операций, но и осуществлять съем припуска, что делает МАО схожей с шлифованием и при определенных условиях может заменить его.

#### Список литературы

1. Кожуро Л. М., Чемисов Б. П. Обработка деталей машин в магнитном поле.- Минск : Наука і тэхніка, 1995. 232 с.
2. Акулович Л. М. Формирование качества сложнопрофильных поверхностей при магнитно-абразивной обработке / Л. М. Акулович [и др.]. - Минск : БГАТУ, 2016, 296 с.
3. Обработка заготовок деталей машин : учеб. пособие / Миранович А.В. [и др.] ; под ред. Мрочека Ж.А. - Минск : Выш. школа, 2014. 172 с.
4. Акулович Л. М. Особенности магнитно-абразивной обработки с регенерацией контура режущего инструмента импульсным магнитным полем / Л. М. Акулович [и др.]. // Вестник ПГУ. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. 2018, Вып. 11, С. 71–77.
5. Акулович Л. М. Ферроабразивные порошки для магнитно-абразивной обработки металлических поверхностей / Л. М. Акулович [и др.]. - Минск : БГАТУ, 2015. 284 с.

## КЛЮЧОВІ ЗАВДАННЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ОБІГОВИМИ КОШТАМИ

Пономаренко М.Є.

**Науковий консультант:** доцент Сиромятніков П.С.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка,  
м. Харків, Україна*

Ефективність функціонування об'єктів автотранспортних систем в значній мірі залежить від ступеня забезпеченості їх матеріальними ресурсами, а саме: паливом, мастильними матеріалами, запасними частинами і матеріалами, агрегатами, шинами та іншими матеріальними ресурсами. Повна забезпеченість ресурсами транспортних засобів можлива при наявності в автотранспортній системі певної, заздалегідь спрогнозованої величини грошових коштів. Особливо це важливо для такого виду ресурсів, як запасні частини, які у вартісному вираженні становлять від 40 до 60 % всіх нормованих оборотних коштів автотранспортних систем.

Проблема поліпшення забезпечення запасними частинами об'єктів автотранспортних систем сьогодні залишається актуальною не тільки для підприємств, фірм і компаній України. Вона має місце і в розвинених країнах. Так, наприклад, великі транспортні компанії, фірми і підприємства США, Канади, Великобританії та інших європейських держав, приділяють цьому питанню величезне значення. Тому для вирішення даної проблеми, в господарському комплексі багатьох держав залучається величезний науковий потенціал. Зокрема, серед наукових організацій України та Росії відомі розробки МАДІ (ТУ), НАМІ, ХНАДТУ (ХАДІ), НАТІ, КАДІ (УТУ) та інших, які у свій час знайшли застосування під час прогнозування та планування потреби в запасних частинах для автомобільної, тракторної, дорожньо-будівельної, сільськогосподарської та іншої техніки.

Сьогодні відомі роботи багатьох вчених, які присвячені розв'язанню проблеми забезпечення запасними частинами автомобільної техніки, а саме: Ф. Н. Авдонькіна, Л.Л. Афанасьєва, М.Н. Бідняка, Е.П. Блюдова, Л.А. Бронштейна, Д.П. Великанова, Н.Я. Говорущенко, Л.В. Дехтеринського, А.Р. Зарубіна, Н.В. Іващенко, Б.С. Клейнера, З.С. Колясинського, М.В. Корогодського, Р.В. Крамаренко, Е.С. Кузнецова, В.С. Лукинського, М.А. Масино, Я.І. Несвитського, Н.П. Панькова, В.І. Сергєєва, А.М. Шейніна, В.А. Щетини та ін.

Існуючий фінансовий дефіцит, в якому функціонують більшість автотранспортних систем, надає проблемі прогнозування кількості грошових коштів для придбання запасних частин до автомобільної техніки особливої актуальності.

Аналіз великої кількості проведених досліджень з даного питання показав, що визначення необхідного обсягу грошових коштів для придбання необхідних ресурсів,

які забезпечують надійне функціонування об'єктів автотранспортних систем, практично завжди проводиться в припущенні сприятливих комбінацій факторів, що відповідають більш всього стабільній обстановці на ринку, а також максимальної узгодженості всіх «фрагментів» логістичного ланцюга [1-6].

Однак таких ідеальних умов практично не існує. Тому, щоб вирішити зазначену проблему, тим самим забезпечивши надійну роботу автомобільного транспорту, необхідно навчитися правильно прогнозувати витрати на придбання запасних частин. Ця проблема може бути описана відомим набором логістичних правил: певний обсяг грошових коштів повинен бути в наявності в потрібний час для придбання необхідної кількості запасних частин для того або іншого автотранспортного засобу.

Для вирішення зазначеної проблеми необхідно вирішити наступні задачі:

1. Дослідити та систематизувати методи, які використовуються для розрахунків величини витрат на придбання запасних частин до автомобільної техніки, з метою визначення основних напрямків їх удосконалення.

2. Вивчити характер зміни потоку витрат на запасні частини на основі аналізу послідовності замін останніх при потокових та капітальних ремонтах агрегатів автомобілів; встановити закономірність процесу зміни витрат запасних частин з початку експлуатації автомобільної техніки до її списання.

3. Запропонувати математичну модель прогнозування потоку витрат на запасні частини для ремонтно-експлуатаційних потреб за весь термін експлуатації автомобільної техніки, що враховує стратегію технічного обслуговування і ремонту.

4. Розробити методіку прогнозування загальних питомих витрат на запасні частини за весь термін експлуатації автомобільної техніки, яка враховувала б пробіг з початку експлуатації та специфіку витрат запасних частин при потокових та капітальних ремонтах.

5. Розробити методіку визначення екстремальних витрат на запасні частини до агрегатів автомобільної техніки для випадків різких змін умов експлуатації.

Проведені теоретичні дослідження можливості прогнозування витрат на запасні частини до агрегатів автомобільної техніки дозволили встановити основні причини, які не дозволяли до сьогоднішнього дня вирішити перераховані завдання. Це:

1) недостатня практична перевірка відповідних розрахункових методик і рекомендацій щодо оцінки потреби в зазначеному вигляді оборотних засобів і можливість їх подальшого вдосконалення;

2) запропоновані у багатьох дослідженнях вчених і нормативних документах розрахункові залежності визначення витрат на запасні частини в своїй більшості не враховують сукупного впливу таких факторів, як вікова структура рухомого складу, інтенсивність використання різних груп автомобілів, стратегії замін деталей та кореляції між напрацюваннями на відмови, стратегії технічного обслуговування і ремонту, і тому мають обмеження при розповсюдженні результатів дослідів на деталі (вузли), у яких змінена хоча б одна із зазначених характеристик;

3) якісне дослідження існуючих розрахункових методик показало, що підвищення обґрунтованості розрахунків величини витрат на запасні частини можливо на основі обліку імовірнісних характеристик, та процесу зміни сукупних витрат на запасні частини за повний термін експлуатації автомобільної техніки і, в тому числі її агрегатів.

Таким чином, зважаючи на існуючі проблеми та гостру необхідність їх вирішення, а також виділених ключових завдань основною метою при їх розв'язанні має стати теоретичне дослідження можливості прогнозування величини витрат на придбання запасних частин для підтримки необхідної експлуатаційної надійності автомобільної техніки і, як наслідок, математична формалізація моделі прогнозування витрат на зазначений вид ресурсів за життєвий цикл автомобіля (агрегату).

#### Список літератури

1. Сумець А.М., Сыромятников П.С. ABC Метод как метод группирования логистических затрат на предприятии. Материалы Международной научно-практической конференции «Совершенствование учета, анализа и контроля как механизмов информационного обеспечения устойчивого развития экономики», Часть 1, 2-3 июня 2011 г. Полоцк, Полоцкий государственный университет (Республика Беларусь). 2011. С.39-42

2. Сумець О.М., Васюта С.С., Сыромятников П.С. Витрати підприємства як об'єкт управління: препринт / Сумець О.М., Васюта С.С., Сыромятников П.С. Харків: «Міськдрук», 2012. 38 с.

3. Сумець О.М., Сыромятников П.С. Аналогова модель системи реєстрації, аналізу й контролю логістичних витрат на виробничих підприємствах. International Scientific Conference Anti-Crisis Management: State, Region, Enterprise: Conference Proceedings, Part III, November 17th, 2017. Le Mans, France: Baltija Publishing. 176 pages. С.88-89. (Матеріали міжнародної наукової конференції «Антикризове управління: держава, регіон, підприємство» 17 листопада 2017р. на базі факультету права, економіки та управління в університеті міста Ле-Ман (Франція).)

4. Сумець О.М., Сыромятников П.С. Глобалізація світової економіки – ключовий фактор формування транскордонного співробітництва. Материалы Международной научно-практической конференции «Развитие экономическое сотрудничество», г. Брест. 2014. С. 107-108

5. Сумець В.М., Сыромятников П.С. Організація логістичної діяльності на аграрних підприємствах: теоретико-методичний аспект. World scientific extent: Collection of scientific articles. – Agenda Publishing House, Coventry, United Kingdom, 2017. 101-104С. (Международная научно-практическая конференция. Мировое научное пространство. Coventry, United Kingdom, 27 октября 2017. Великобритания).

6. Сумець О.М., Сыромятников П.С. Глобалізація світової економіки – ключовий фактор формування транскордонного співробітництва. Материалы Международной научно-практической конференции «Развитие экономическое сотрудничество», г. Брест. 2014. С. 107-108

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ НА РОБОЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГУМОМЕТАЛЕВИХ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ

Гусєв О.В.

**Науковий керівник:** к.т.н., доцент Свіргун О.А.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Основним призначенням глибинних насосів є відкачування рідкого середовища з підземного джерела і її подальше транспортування по трубопроводній системі під певним напором. Гідромашинами даного типу оснащуються різні системи, до яких, зокрема, відносяться системи автономного водопостачання і водовідведення, системи зрошення і ін..

Свердловинні насоси представляють собою вертикальні, відцентрові багатосекційні насоси, потік рідини в яких переміщається послідовно декількома робочими колесами, змонтованими на одному валу і в одному корпусі.

Робочий вузол насосів по конструкції належить групі відцентрових багатоколісних секційних насосів в свердловинному виконанні. Корпус його зібраний з окремих чавунних секцій, з'єднаних шпильками. В середині якого розташований вал з насадженими на нього робочими колесами.

Опорами вала служать підшипники, гумові втулки яких укріплені в гніздах направляючого апарату. втулки мають канавки для рідини, яка змащує і охолоджує. По цих канавках водою виносяться частинки піску, які потрапили в підшипники. шийки вала в місцях стикання з гумовими втулками, хромовані.

В стиках секцій напірного трубопроводу розташовуються чавунні кронштейни з гумовими направляючими підшипниками приводного вала. Осьові канавки на внутрішній поверхні вкладиша служать для проходу води і змазування шийок.

В насосі використовується гумометалевий підшипник, який має вісім каналів, які підводять воду. Така конструкція покращує відвід піску та абразивних домішок.

З точки зору конструкції кільцеві гумові підшипники представляють собою циліндричну втулку, прикріплену до зовнішньої обойми шляхом вулканізації або механічним способом. Внутрішня поверхня гумової втулки забезпечується поздовжніми канавками для проходу рідини для змащування.

Багаторічна практика експлуатації свердловинних трансмісійних насосів показала їх надійність, але одночасно були встановлені і їх недоліки. Насосний вузол має високий ККД (80%), однак, довга трансмісійна передача, відхилення в центруванні валів та інші недоліки призводять до зниження ККД насосного агрегату на 20-25%.

Спостереження за роботою насоса АТН показали, що при зміні зазору від 0,4 до 2,33 мм ККД насосного вузла зменшується на 18%

Тому потрібно розробити методикку та програми розрахунку радіальних гумометалевих підшипників, які змащуються водою; для уточнення впливу розмірів,

фізико-механічних властивостей матеріалу, умов експлуатації на роботу гумометалевих підшипників, та виконати розрахунки характеристик радіальних підшипників, за якими були проведені і опубліковані результати експериментальних досліджень, з метою перевірки і підтвердження правильності теоретичних висновків і практичної коригування теоретичних коефіцієнтів.

Розглянемо закономірності зміни основних робочих характеристик підшипника від швидкості. Вплив швидкості на деформацію опорної поверхні, максимальний тиск на найбільш навантаженому сегменті, мінімальну товщину водяного шару, теоретичний коефіцієнт тертя і максимальну температуру води у навантаженій зоні досліджуваного радіального підшипника показано на рис.1. Приведені дані показують, що із зростанням швидкості практично не змінюється загальна деформація, але зменшується загальна температура і збільшується товщина водяної плівки на основному несучому майданчику. Коефіцієнт тертя після досягнення швидкості 2,5 м/с змінюється незначно. Для розглянутого підшипника умови роботи помітно погіршуються при зниженні рівня швидкості  $U \leq 2,5$  м/с. Товщина мастильного шару на основному несучому майданчику стає менше 1,4 мкм і для збереження режиму рідинного тертя на цій ділянці необхідно забезпечити дуже малу шорсткість поверхні валу.

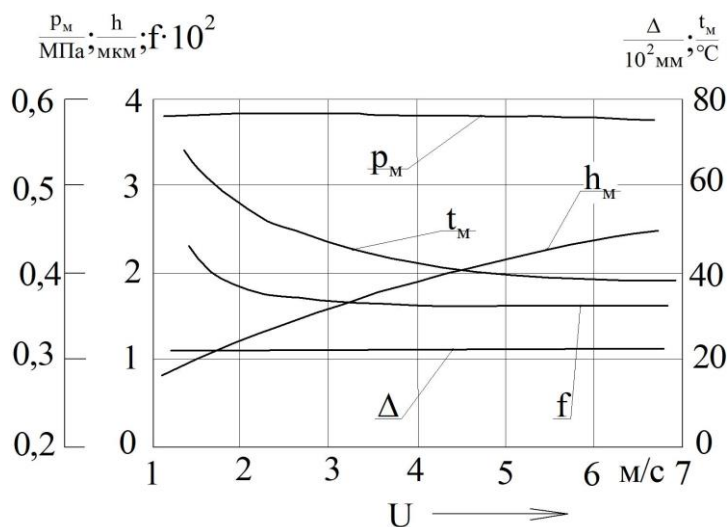


Рисунок 1. Залежність характеристик від швидкості

Необхідність дотримання швидкісного режиму є важливою умовою забезпечення працездатності гумометалевих підшипників.

#### Список літератури

1. Свіргун О. А., Гусев О. В., Коломієць В. В., Свіргун В. П. Дослідження впливу напряду навантаження на робочі характеристики гумометалевих підшипників ковзання. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства*, Вип. 205 «Проблеми надійності машин». 2019. С. 243-248.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ ЩЕПЛЕНЬ ДВИГУНІВ

Саух М.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., старший викладач Банний О.О.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України  
м. Київ, Україна*

Розвиток аграрного виробництва, виконання робіт в певні терміни пред'являють до МТП високі вимоги із забезпечення технічної готовності. Постійно зростаюча потреба в ремонті сільськогосподарської техніки та окремих агрегатів, зміни їх конструкцій та ускладнення технологічного устаткування, постійне вдосконалення технології ремонту машин вимагають переоснащення ремонтної бази, будівництва нових і реконструкції існуючих ремонтних підприємств. Система проектування ремонтних підприємств покликана унеможливити застосування неефективних технологій будівництва, економічно не ефективних підприємств і забезпечити раціональне обґрунтування організаційних, технічних і технологічних параметрів ремонтних підприємств. Покращення якості ремонтно-профілактичних робіт можна добитися застосуванням сучасного устаткування і технологій, заміною застарілого ремонтно-технологічного обладнання, поліпшенням організації праці, кращим компонуванням діляниць і організації робочих місць.

Виходячи з цього, назріла потреба подальшого вдосконалення системи технічного обслуговування (ТО) і ремонту сільськогосподарської техніки. Найдосконалішою і перспективною системою ТО та ремонту агрегатів слід вважати таку, яка найповніше забезпечує взаємодію процесів відповідності технічного стану і процесів відновлення їх працездатності. Підвищення ефективності проведення ТО та ремонту техніки досягається за рахунок вдосконалення усіх стадій виробничого процесу ремонту машин. Для покращення якості ремонтних робіт пропонуємо стенд для розбирання і складання муфт зчеплення який призначений для стискування пружин при розбиранні і складанні муфт зчеплення двигунів наступних марок: СМД-17КН; СМД-18КН; СМД-19; СМД-20; СМД-23; СМД-60; СМД-62; СМД-64; СМД-72; Д-65М; Д-240; Д-240Л; СКД-6 «Єнісей-1200». Муфта вимкнення зчеплення і підшипник встановленні на кришці первинного вала коробки передач. За допомогою вилки зчеплення, муфта з підшипником переміщуються на кришці первинного вала коробки передач. Завдяки цьому при натисканні на педаль зчеплення, привід зчеплення переміщує вилку зчеплення, яка в свою чергу за допомогою муфти переміщує підшипник вимкнення зчеплення. Підшипник натискає на важелі натискного диска. Важелі відводять натискний диск від веденого диска і передача крутного моменту зупиняється. При цьому натискні пружини стискаються. Зчеплення вимкнене. Аналіз ремонтного фонду показує, що характерними причинами втрати працездатності зчеплення є наступні: тріщини, пробіони в корпусних деталях, зломи деталей, підвищений шум, стук, підвищений нагрів під час експлуатації та порушення регулювання в результаті зношування підшипників та їх посадочних місць, порушення гвинтових нерухомих з'єднань, зубових зчеплень та згину окремих деталей.

### Список літератури:

1. Кисляков В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. – Київ: Либідь, 2000. – 400 ст.



Секція 6

«Проектування технологічних процесів  
технічного обслуговування машин»

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА РЕМОНТА СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ ВНЕДРЕНИЕМ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ РАЗБОРКИ ИЗДЕЛИЙ

Коноплянченко Е.В., к.т.н., доцент, Яременко В.П., к.т.н., доцент,  
Герасименко В.А., к.ф.-м.н., доцент, Люй Донгмей, аспирант

*Сумской национальной аграрный университет  
г. Сумы, Украина*

Анализ современных технологий ремонта техники показывает значительную разность уровня технологического оснащения и технологий, которые используются на промышленном и ремонтном предприятиях. На этапе ремонта сложность решения задач высока в связи с тем, что оригинален путь к месту дефекта. Это является одним из ограничений на внедрение мехатронных систем в ремонтное производство. Поэтому автоматизация процесса разборки ответственных изделий является актуальной задачей.

В зарубежной литературе для формализации процесса селективной разборки изделий используют метод полусфер Гаусса. Сфера Гаусса отражает допустимые направления векторов перемещения детали изделия в свободном пространстве. Поскольку в сборочной единице поверхности деталей сопряженные, то в действительности применяют не сферу, а полусферу Гаусса, что отражает возможные направления перемещения детали при разборке о вдоль сопрягаемой поверхности. Применяя приемы булевой алгебры и математической логики, с помощью полусфер Гаусса формализуют задача нахождения направлений векторов разборки изделия (рис. 1, а). На рисунке 1,б приведена процедура проверки на разбираемость стойки переднего подшипника компрессора, где  $P_1$ - $P_9$  - нормальные векторы сопряженных поверхностей для передней опоры подшипника, а точки В, Е, F, С, D, G и А - точка пересечения между этими нормальными векторами и сферой с единичным радиусом [1].

Для автоматизации процесса синтеза рационального варианта мехатронной структуры разработаны математические модели геометрических и кинематических перемещений сборочных элементов и исполнительных органов робототехнического сборочного оборудования [2]. С целью описания математических моделей введены следующие условные обозначения элементов и событий сборочного процесса: а – охватываемая деталь (штулка); в – охватываемая деталь (вал). Ограничения: - деталь а является стационарной, неподвижно закрепленной в приспособлении; - деталь в позиционируется относительно детали а исполнительными органами сборочного оборудования.

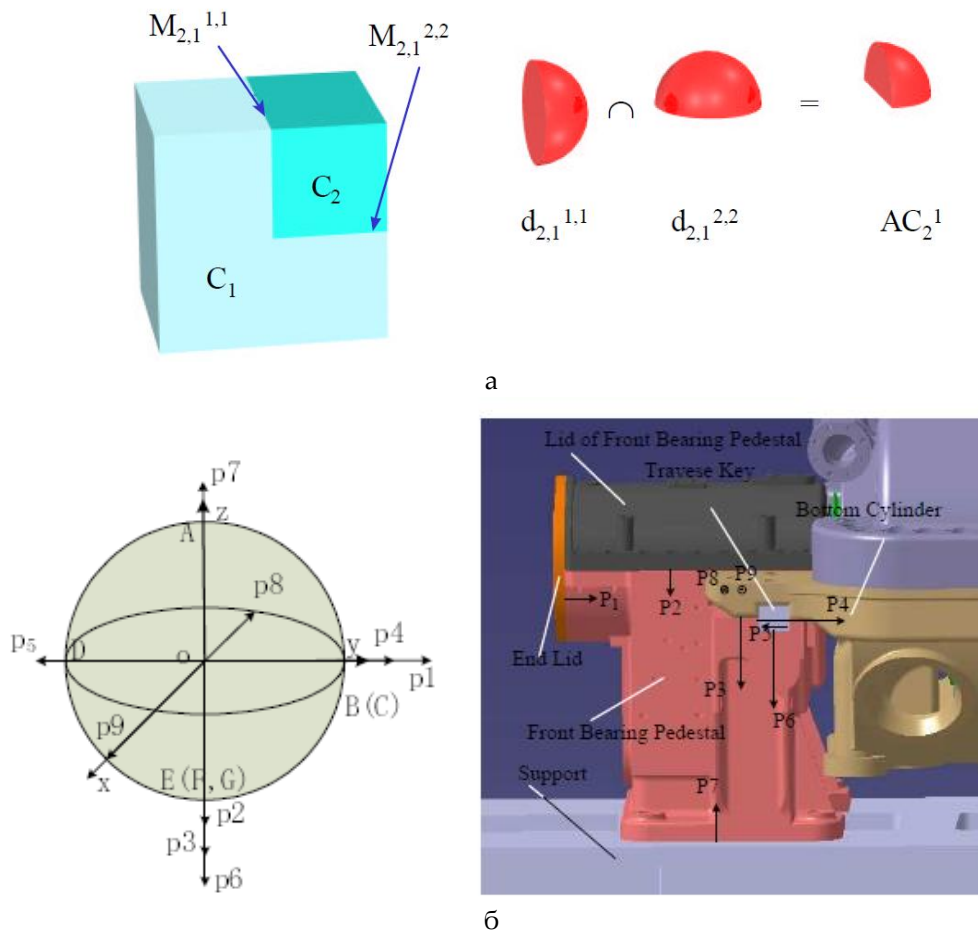


Рисунок 1. Моделирование процесса разборки изделия

Схема перемещений, иллюстрирующая математические модели, представлена на рис. 2.

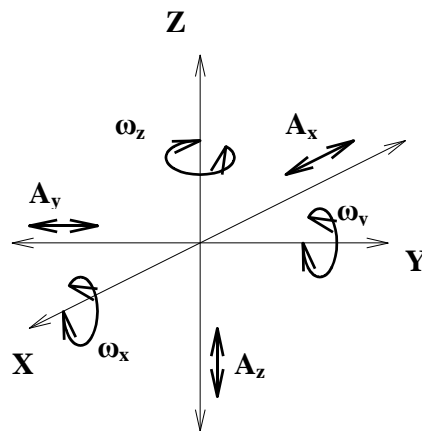


Рисунок 2. Схема геометрических перемещений сборочных элементов

Согласно рис. 2 основными событиями процесса сборки являются:  $A_x^a, A_y^a, A_z^a$  – линейные перемещения детали  $a$  вдоль осей  $(X, Y, Z)$ ;  $\omega_x^a, \omega_y^a, \omega_z^a$  – вращение детали  $a$  вокруг осей  $(X, Y, Z)$ ;  $A_x^b, A_y^b, A_z^b$  – линейные перемещения детали  $b$  вдоль осей  $(X, Y, Z)$ ;  $\omega_x^b, \omega_y^b, \omega_z^b$  – вращение детали  $b$  вокруг осей  $(X, Y, Z)$ ;  $S^{a,b}$  – соединение детали  $a$  с деталью  $b$ .

Для каждого класса промышленных роботов можно записать условие выполнения вида перемещения:

- прямоугольная (декартова) система координат:

$$\exists_{\theta \in M} R_{\theta} = A_x^b \wedge A_y^b \wedge A_z^b,$$

где  $M = \{1, \dots, \phi\}$  – множество промышленных роботов данного класса;

- цилиндрическая система координат:

$$\exists_{\theta \in M} R_{\theta} = A_x^b \wedge A_y^b \wedge \omega_z^b,$$

где  $M = \{1, \dots, \phi\}$  – множество промышленных роботов данного класса;

- сферическая система координат:

$$\exists_{\theta \in M} R_{\theta} = \omega_x^b \wedge \omega_y^b \wedge A_z^b,$$

где  $M = \{1, \dots, \tau\}$  – множество промышленных роботов данного класса;

- ангулярная (угловая) система координат:

$$\exists_{\theta \in M} R_{\theta} = \omega_x^b \wedge \omega_y^b \wedge \omega_z^b,$$

где  $M = \{1, \dots, \zeta\}$  – множество промышленных роботов данного класса.

Для возможности реализации каждого вида соединения с учетом сборочного оборудования необходимо описать математические модели типовых вариантов захватных устройств манипуляторов. В таблице 1 представлены математические модели реализации геометрических перемещений типовых вариантов захватных устройств.

На этапе синтеза компоновочного решения промышленного робота для реализации заданного вида соединения в качестве условия выбора захватного устройства используется логическое выражение:

$$\exists_{\xi \in I} K_{\xi} = ((\sim R_{\theta} \wedge S^{a,b}) \Rightarrow Z_{\sigma}),$$

где  $I = \{1, 2, \dots, \lambda\}$  – множество компоновочных решений.

Таблиця 1. Реалізація геометричних перемещень типовими варіантами  
компоновки захватних устроїв

Пример, эскиз	Математическая модель реализуемых перемещений
	$\exists Z_{\sigma} = A_y^b$ , где $\Delta$ – множество устройств данного типа
	$\exists Z_{\sigma} = \omega_x^b$ , где $\Phi$ – множество устройств данного типа
	$\exists Z_{\sigma} = \omega_y^b$ , где $\Theta$ – множество устройств данного типа
	$\exists Z_{\sigma} = (\omega_x^b \wedge A_z^b)$ , где $\Omega$ – множество устройств данного типа
	$\exists Z_{\sigma} = (A_x^b \wedge \omega_z^b)$ , где $\Xi$ – множество устройств данного типа
	$\exists Z_{\sigma} = (\omega_x^b \wedge \omega_y^b)$ , где $\Pi$ – множество устройств данного типа

Применение разработанной методики позволяет формализовать процесс автоматизированной разборки изделия, позволяющий внедрять мехатронные системы на этапе ремонта и модернизации ответственного оборудования.

#### Список литературы

1. Кирик Г.В., Коноплянченко Є.В., Колодненко В.М., Бало П.М. Генерація раціональної послідовності оцадного розбирання на етапі ремонту та модернізації енергетичного обладнання. *Компрессорное и энергетическое машиностроение*, №1(51), 2018, С.13-17.

2. Коноплянченко Е.В., Яременко В.П., Сунь Чжаоян, Колодненко В.Н., Бало П.Н. Формализация процесса синтеза кинематики механотронных сборочных технических систем. *Матеріали Міжнар.ї наук.-практ. конф. «Молодь і технічний прогрес в АПВ» Інноваційні розробки в аграрній сфері, Том 2, ХНТУСГ, 2020. – С 186-189.*

## МАТЕРІАЛИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ ЛАЗЕРНОМУ НАПЛАВЛЕННІ

Гнатишин Є.Р.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Сайчук О.В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Для отримання покриттів з високими експлуатаційними характеристиками бажано застосовувати матеріали, що мають заданий хімічний склад. Аналіз застосування матеріалів показує, що при лазерному наплавленні використовують порошкові матеріали, що мають однаковий гранулометричний склад, форма частинок яких забезпечує добру сипучість порошку. При лазерному наплавленні істотне значення має технологічність процесу, не дефіцитність сировини і низька вартість порошків. У зв'язку з цим важливо провести аналіз порошків, що випускаються для газотермічного напилення, з метою встановлення можливості їх застосування при лазерному наплавленні. Залежно від гранулометричного складу порошки, виготовляють наступних класів: крупний (К), середній (С), дрібний (М) і дуже дрібний (ОМ).

Найпоширенішими порошковими матеріалами, що випускаються вітчизняною промисловістю серійно, є сплави системи нікель-хром-кремній-бор.

Іншим видом спеціалізованих матеріалів, що випускаються, для газотермічного напилення є порошки нікель-алюмінієвих (ПН701080, ПН851015), нікель-титанових (ПН55145, ПТ88Н12) і титан-алюмінієвих сплавів (ПТ651035).

До числа композиційних порошків, технологія виробництва яких освоєна, відносяться алюмінієві порошки з нікелевою оболонкою. Плакування здійснюється контактним методом (НА-67) або розкладанням карбоніда (ПНА-75, ПНА-67, ПНА-95).

Певний інтерес для використання в технології лазерного наплавлення представляють порошкоподібні наплавлювальні суміші (ГОСТ 11546-75) – УС-25, КБХ, ФБХ6-2. Застосування таких наплавлювальних сумішей дозволяє підвищити твердість покриттів до HRC 55, зносостійкість в 3..7 рази. Необхідно відзначити і те, що ці порошкоподібні наплавлювальні суміші мають знижену здатність самофлюсування.

З наплавлювальних твердих сплавів відомі стеліти і сормайти. Проте, ці сплави володіють високою крихкістю, у зв'язку з чим їх застосування для динамічно навантажених деталей недоцільно. Найбільшу перспективність для отримання високоякісних, дешевих зносостійких покриттів мають порошки з Fe-Cr-B-Si сплавів, робота над створенням і вдосконаленням яких в даний час інтенсивно проводиться як на Україні, так і за кордоном.

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. "Агроосвіта", 2014 – 665 с.

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНІВ

Зубов Є.С.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Романченко В.М.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Для підвищення терміну служби двигуна потрібне всіляке збільшення зносостійкості деталей циліндро-поршневої групи і, зокрема, його циліндрів (гільз). Підвищення зносостійкості циліндрів можна здійснити шляхом їх озонування і хромування, але для тракторних і автомобільних двигунів азотування і хромування гільз циліндрів доки не знаходять широкого застосування по причині великої складності цих операцій. Гільзи тракторних двигунів виготовлені з сірого чавуну Сч 21-40 або легованого хром фосфорного чавуну. Для підвищення зносостійкості робочі поверхні піддають поверхневою загартуванню на глибину 1,0...2,0 мм до твердості HRC 39...70. У автомобільних двигунів, циліндри яких виконані в блоці з сірого чавуну СЧ 21-40 (ГАЗ-53, ЗИЛ-130) для підвищення зносостійкості встановлена суха гільза-вставка аустенітного нікель-мідь-хромистого сплаву - нирезиста. Автомобільні двигуни, що мають мокрі знімні гільзи циліндрів по ГОСТ 14024-63 (ЗМЗ-53, ЗИЛ-130) виготовляють з чавуну СЧ 18-36 такі зі вставкою з нирезиста. Останнім часом набули поширення монолітні гільзи з титано-мідьністого чавуну наступного складу: С - 3,5...3,6%; Mn - 0,7...0,8%; Si - 2,3...2,5%; Cu - 1,5...1,8%; Ti - 0,1...0,3%; P до 0,45%; S до 0,045%; HB 229...269, зносостійкість яких в 2...3,5 разів вище. Застосування легованих матеріалів являється тільки одним з чинників підвищення зносостійкості автотракторних циліндрів. Іншими чинниками є поліпшення конструкції двигуна, впровадження технологічних процесів, що підвищують зносостійкість сполучення, дотримання правил експлуатації машин.

Ремонтні підприємства не мають в розпорядженні такі широкі можливості як моторобудівні заводи і не в змозі прослідкувати за правильністю експлуатації відремонтованих машин. Проте займатися підвищенням зносостійкості ремонтної техніки вони вимушені, оскільки тільки вони можуть підвищити зносостійкість машини яка вже зійшла з конвеєра заводу і експлуатувалася в господарстві.

У зв'язку з цим, ремонтному підприємству доцільно мати такий технологічний процес відновлення циліндрів (гільз) автотракторних двигунів, який був би продуктивний, досить доступний і дешевий, і в той же час дозволяв би підвищити зносостійкість сполучення гільза-кільце до рівня нового. У ремонтній практиці застосовують велику кількість способів відновлення дзеркала гільз циліндрів двигунів, які вимагають ретельного аналізу і поліпшення.

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. "Агроосвіта", 2014 – 665 с.

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ, ЩО НАДАЮТЬ МОЖЛИВІСТЬ РЕГУЛЮВАТИ РІВЕНЬ ВНУТРІШНІХ НАПРУЖЕНЬ У РОБОЧОМУ ШАРІ ФОРМУЮЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ З ХРОМОНІКЕЛЕВОГО ЧАВУНУ

Кур'янов О.С., Мухомедьянов С.О

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Автухов А.К.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Одним з важливих завдань сервісної інженерії є забезпечення максимального ресурсу при використанні виробів за призначенням шляхом оптимізації їх параметрів виготовлення і експлуатації.

Досвід використання формуючих інструментів – прокатних валків листових станів гарячої прокатки свідчить про те, що вони піддаються впливу великих питомих навантажень (до 3 т/мм<sup>2</sup>) та значних температур (близько 600 °С).

Тому прокатні валки повинні мати високі показники твердості робочої поверхні, зносостійкості, міцності і глибокий робочий шар з мінімальним рівнем залишкових напружень (це сприяє зменшенню їх руйнувань в процесі експлуатації) [1, 2].

Аналіз стійкості двошарових валків розміром 675 × 1700 мм для листопркатних станів 1700 показав, що при практично однаковому хімічному складі, що був на рівні, %: 2,92-3,25С; 0,94-0,98 Si; 0,51-0,53 Mn; 0,070-0,072 P; 0,40-0,044 S; 1,7-1,73 Cr; 4,18-4,24 Ni; 0,26-0,28 Mo; 0,06-0,07 Ti; 0,16-0,17 V і 0,062-0,066 В їх наробіток змінюється в межах 10% (або 8361 т на комплект).

Основними показниками, що характеризують експлуатаційні якості двошарових прокатних валків є твердість і рівень коерцитивної сили робочого шару.

Для оцінки впливу основних параметрів якості на експлуатаційну стійкість валків були статистично оброблені показники чотирьох груп двошарових валків з різним рівнем напрацювання, списаних внаслідок природного зносу робочого шару. Було визначено, що середня твердість даної вибірки практично однакова і знаходиться в межах 73-74 HS, при цьому в кожній групі зустрічаюлися валки з твердістю до 75-78 HS і 71-72 HS.

Згідно з даними хімічного і спектрального аналізу було визначено, що вплив компонентів хімічного складу матеріалу досліджуваних валків на відхилення показників їх твердості мінімальний. Відзначено, що рівень напрацювання не визначається числом установок валків в чистовий групі клітей



стану, яке при малій товщині зношеного шару (до 25-28 мм) може істотно зростати (з 39 до 47 установок).

Аналіз дослідження вибірки валків неруйнівним магнітним методом показав, що максимальний рівень напруцювання досягається при стабільному рівні коерцитивної сили 23 А / см,

Відомо, що зі збільшенням напруги і кількості аустеніту в матеріалі валків рівень коерцитивної сила зростає. Традиційною низькотемпературної термообробкою не завжди вдається домогтися повного розпаду залишкового аустеніту і зняття ливарних і структурних напружень II роду. Високотемпературна термообробка двошарових валків, для серцевини і шийок яких використовується сірий або модифікований чавун, теж неефективна, оскільки підвищення температури нагріву здатне привести до графітизації і деформації шийок.

При проведенні досліджень [3] було визначено, що структурні перетворення можна забезпечити не тільки термообробкою фазової перекристалізації, що виконується при 500-700 ° С, а й використанням явища магніострикції - створенням фазового наклепу в інтервалі температур 190-230 ° С, що сприяє розпаду залишкового аустеніту внаслідок магнітного перетворення фази карбїду.

Це свідчить про те, що для отримання валків з високими експлуатаційними характеристиками необхідно їх вилити у металеві форми, які нагріті до оптимальної температури. У той же час шляхом збільшення часу витримки при зазначених температурах можна зменшити величини напруг до нуля.

Таким чином, було встановлено, що існують технологічні процеси, які дозволяють регламентувати параметри лиття та кристалізації виливків валків і підтримувати рівень коерцитивної сили на оптимальному рівні (23 А / см). Для цього хромонікелевий сплав, з якого виготовляються валки, необхідно заливати в металеві форми, нагріті до температури магнітного перетворення фази карбїду такого сплаву, що становить 190-210°С.

#### Список літератури

1. Будагьянц Н.А., Карский В.Є. Литые прокатные валки. Москва: Машиностроение, 1983. 175 с.
2. Скобло Т.С., Воронцов Н.М., Рудюк С.И. Прокатные валки из высокоуглеродистых сплавов / ред. Скобло Т.С. Москва: Металлургия, 1994. 336 с.
3. Производство и применение прокатных валков : справочник / С. Скобло и др. Ред. Т. С. Скобло. Харьков, 2013. ЦД № 1. 572 с.

## 3-D ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТРЬОХ КООРДИНАТНОГО ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ З ДРОТУ

Серпутько Р.С.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Дмитрів В.Т.

Національний університет «Львівська політехніка»

м. Львів, Україна

Застосування деталей з дроту потрібно при виробництві різноманітної продукції в промисловості. Таким виробам з дроту надається певна форма.

На невеликих підприємствах, де не потрібна висока продуктивність і масовість, часто застосовуються ручні верстати для обробки (правки, відрізання, гнуття) дроту. При обробці дроту на ручних верстатах обсяг продукції, що випускається, а також її різноманітність і якість обмежені.

Для отримання ж високих показників обсягу, різноманітності і якості продукції з дроту в даний час застосовуються спеціальні автоматизовані верстати для обробки дроту різної складності, аж до верстатів тривимірного (3D, об'ємного) гнуття з числовим програмним керуванням.

Нами спроектовано 3-D систему з числом програмним керуванням (ЧПК) для гнуття виробів з дроту довільної конфігурації у 3-D системі координат. Основним механізмом такого технологічного обладнання з ЧПК є автоматизована головка. Особливості конструкції такої автоматизованої головки наведено на рис. 1.

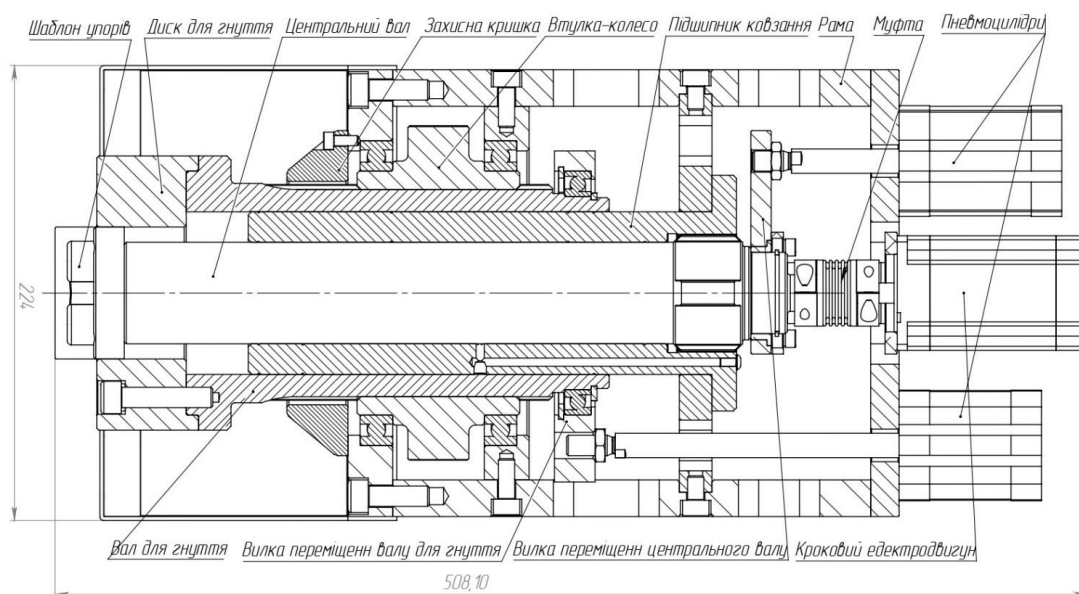


Рисунок 1. Компонування 3-D головки для гнуття виробів з дроту

Механізм має центральний вал, на якому встановлено шаблон з упорами із відповідними радіусами для гнуття. Для вибору необхідного радіусу на шаблоні, центральний вал обертається. Поворот центрального валу уможливує

електродвигуном-сервопривід. На центральному валі відбувається обкочування (гнуття) дроту навколо радіусів шаблону. Процес гнуття відбувається в автоматичному режимі, форма і розміри задаються програмно і відповідні сигнали керування передаються до виконавчих приводів через серво-драйвери. Після процесу гнуття, готовий виріб відрізається відрізним блоком, що встановлений перед головкою для гнуття.

Загальний вигляд механізму 3-D пристрою для гнуття виробів з дроту наведено на рис. 2.

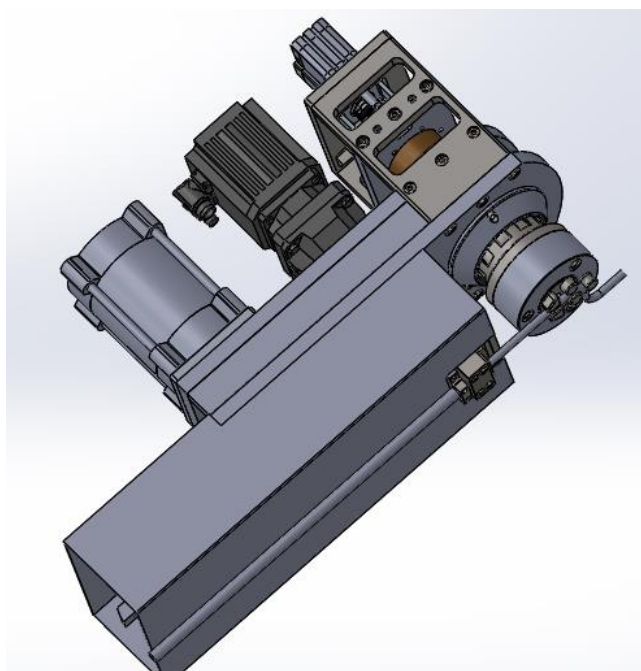


Рисунок 2. Загальний вигляд 3-D головки для гнуття виробів з дроту

В результаті попередніх тестових випробувань було досліджено точність процесу гнуття виробів з дроту. Результати для двох марок дроту приведені в табл.

Аналіз показує, що запроектований 3-D пристрій є роботоздатний, швидкий у налаштуванні на іншу номенклатуру виробу. Розроблений зручний у користування інтерфейс для написання програми технологічного процесу згину дроту.

Даний тип пристрою розроблений у макеті забезпечує гнуття дроту різних марок діаметром від 2 мм до 18 мм. Налаштування під заданий діаметр проводиться встановленням штифтів і автоматичним коректуванням. Діапазон кроку діаметру дроту 4 мм.

#### Список літератури

1. Дмитрів В.Т. Схемотехніка систем керування. Львів: СПОЛОМ, 2019. – 636 с.
2. Ланець О. Основи розрахунку та конструювання вібраційних машин. Львів: В-цтво Львівської політехніки, 2018. – 612 с.

## ВПЛИВ УМОВ ТОЧІННЯ НАПЛАВЛЕНИХ ДЕТАЛЕЙ РІЗЦЯМИ ІЗ ПНТМ НА КУТИ НАХИЛУ ТВІРНИХ ВИСТУПІВ МІКРОНЕРІВНОСТЕЙ

Брефалов М.В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Рідний Р.В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Технологічне забезпечення якості поверхневого шару деталей з наплавленими поверхнями механічною обробкою є важливою задачею [1]. У великій мірі були досліджені стандартні параметри мікрогеометрії наплавлених і оброблених різанням поверхонь. Однак, в умовах безперервно зростаючих вимог до якості відновлення деталей, не можна обмежуватися регламентацією лише стандартних геометричних характеристик якості поверхні. У ряді випадків ці характеристики не відображають повною мірою взаємозв'язків стану поверхні з її експлуатаційними властивостями. У зв'язку з цим становить інтерес вивчення впливу умов механічної обробки наплавлених деталей на нестандартні параметри шорсткості, до яких відноситься і кут нахилу твірних виступів мікронерівностей.

Дослідження цих параметрів проводилися на поверхнях штоків гідроциліндрів, відновлених наплавленням, яке виконувалася наплавочним дротом Нп-30ХГСА в середовищі CO<sub>2</sub>. Чистове точіння відбувалося різцями із ПНТМ типу кіборіт з круглими пластинами  $d = 7\text{мм}$  і кутами різання  $\gamma = -10^\circ$ ,  $\alpha = 10^\circ$ . Досліджувалися вплив швидкості різання, подачі та зношування різця по задній поверхні. Профілограми із параметрами мікрогеометрії записувалися на профілографі-профілометрі «Talysurf-4» [2].

Оптимізація кутів нахилу твірних виступів мікронерівностей  $\theta$  проводилися з використанням планування експерименту. Для створення математичної моделі був обраний план другого порядку на три фактори із зоряними точками (табл. 1).

**Таблиця 1. Кодування факторів при оптимізації параметра кутів нахилу твірних виступів мікронерівностей  $\theta$**

Інтервал варіювання і рівень факторів	Швидкість різання $V$ , м/с	Подача $S$ , мм/об	Зношування різця по задній поверхні $h$ , мм
	$X_1$	$X_2$	$X_3$
Нульовий рівень $x_i=0$	2,1	0,12	0,20
Інтервал варіювання $\delta_i$	0,40	0,02	0,10
Нижній рівень $x_i=-1$	1,70	0,10	0,10
Верхній рівень $x_i=+1$	2,50	0,14	0,30
Зоряні точки $x_i=-1,682$	1,40	0,09	0,03
$x_i=+1,682$	2,80	0,15	0,37

За результатами проведених експериментів (табл. 2) і проведених розрахунків було отримано рівняння регресії.

Таблиця 2. План - матриця експерименту при оптимізації параметра радіусу кривини вершин нерівностей  $r$

№ п/п	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$V, \text{ м/с}$	$S, \text{ мм/об}$	$h_s, \text{ мм}$	$\theta, \text{ град}$
1	-	-	-	1,70	0,10	0,10	7,6
2	+	-	-	2,50	0,10	0,10	3,6
3	-	+	-	1,70	0,14	0,10	7,6
4	+	+	-	2,50	0,14	0,10	3,2
5	-	-	+	1,70	0,10	0,30	3,4
6	+	-	+	2,50	0,10	0,30	3,1
7	-	+	+	1,70	0,14	0,30	4,1
8	+	+	+	2,50	0,14	0,30	2,5
9	-1,682	0	0	1,40	0,12	0,20	10,9
10	+1,682	0	0	2,80	0,12	0,20	7,3
11	0	-1,682	0	2,10	0,09	0,20	13,6
12	0	+1,682	0	2,10	0,15	0,20	3,5
13	0	0	-1,682	2,10	0,12	0,03	4,4
14	0	0	+1,682	2,10	0,12	0,37	7,9
15	0	0	0	2,10	0,12	0,20	7,2
16	0	0	0	2,10	0,12	0,20	7,3
17	0	0	0	2,10	0,12	0,20	7,2
18	0	0	0	2,10	0,12	0,20	7,2
19	0	0	0	2,10	0,12	0,20	7,1
20	0	0	0	2,10	0,12	0,20	7,2

$$\theta = 7,314 - 1,198X_1 - 1,266X_2 - 0,221X_3 - 0,212 X_1 X_2 + 0,812 X_1 X_3 + 0,062X_2 X_3 - 0,085X_1^2 - 0,279X_2^2 - 1,128X_3^2$$

Очевидно, що геометрія поверхневого шару після точіння різцями із ПНТМ типу кіборіт повинна відповідати таким вимогам – кути, що утворюють мікронерівності, повинні бути якомога менше, тобто виступи повинні бути пологими.

Аналіз отриманих результатів досліджень дозволяє визначити взаємозв'язок кутів нахилу твірних виступів мікронерівностей поверхні з режимами точіння та оптимізувати їх.

#### Список літератури

1. Рыжов Э.В. Технологическое обеспечение качества деталей с покрытиями / Э.В. Рыжов, С.А. Клименко, О.Г. Гуцаленко. – Київ: Наукова думка. 1994. – 176 с.
2. Ридный Р.В. Влияние параметров процесса точения киборитом на нестандартные характеристики микрогеометрии поверхностного слоя наплавленного проволокой Нп-30ХГСА. // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Випуск 14. – Харків: ХДТУСГ, 2003. – с. 286-290.

## ВІДНОВЛЕННЯ БРОНЗОВИХ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИМ НАПІКАННЯМ ПОРОШКІВ

Сергеев Б.К.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Сайчук О.В.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Добре відомо, що застосування прогресивних технологій при відновленні зношених деталей в 5...8 разів скорочує кількість операцій у порівнянні з їхнім виготовленням, в 10...20 разів знижує витрати матеріалів. У результаті застосування ремонтних технологій собівартість відновлення багатьох деталей становить 60...80% від собівартості нових. У цей час розробка нових технологій ремонту зношених деталей або вдосконалення існуючих відновлювальних операцій стає ще більш актуальним, тому що вартість нових машин така, що в багатьох випадках експлуатуючі організації не мають можливості їх придбати. Як відомо, деталі транспортних і технологічних машин, автомобілів і інших машин у процесі експлуатації піддаються різним видам зношування, що викликає виникнення несправностей природнього і аварійного характеру. Основними несправностями машин є: порушення в сполучених поверхнях заданої посадки, зниження опору матеріалу навантаженнями циклічного характеру. Основною причиною виходу з ладу сільськогосподарської техніки, у більшості випадків, є неминуче зношування конструкційних деталей. При ремонті техніки, як правило, зношені деталі, не підлягають відновленню, часто вибраковують, із заміною їх на нові, що, відповідно, підвищує собівартість ремонту техніки.

Однієї з особливостей сільськогосподарських машин є застосування в їхніх конструкціях досить великої кількості деталей з кольорових металів і сплавів, тому що вони мають високі антифрикційні властивості, корозійну стійкість, витримують значні питомі навантаження й високі швидкісні режими. Найчастіше це бронзові підшипники ковзання типу «втулка».

*Об'єкт дослідження.* Технологічний процес відновлення-зношених поверхонь автотракторних деталей типу «втулка» електроконтактним напиканням порошкових матеріалів.

*Практична цінність.* Полягає в обґрунтуванні можливості застосування процесу електроконтактного напикання порошків з кольорових сплавів для відновлення бронзових деталей типу «втулка»; у розробці та впровадженні технології відновлення важко навантажених бронзових деталей способом ЕКН (електроконтактного напикання).

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. "Агроосвіта", 2014 – 665 с.

## НАПЛАВОЧНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПЛУЖНОГО ЛЕМІША

Патик В.Ю.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Аветісян В.К.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Плужний леміш є однією з найбільш відповідальних деталей плуга, що швидко зношуються, середній наробіток на відмову якої, залежно від видів ґрунтів, коливається від 2 до 20 га. Серед сучасних способів розробки нових порошкових матеріалів і зносостійких покриттів, перспективним є застосування композицій на основі чавуну, або відходів цього матеріалу, які в достатній кількості утворюються після механічної обробки виливків деталей.

Основними видами наплавочних матеріалів є: сталевий зварювальний дріт; порошковий наплавочний дріт; наплавочні стрічкові електроди; наплавочні литі прутки; плавлені карбіди вольфраму; флюси для наплавлення; гнучкі шнури; електроди; порошки зі сплавів для наплавлення. Широке поширення одержали порошки зі сплавів для наплавлення. Порошки, призначені для нанесення захисних покриттів методами наплавлення, є специфічним продуктом порошкової металургії. До них пред'являються наступні вимоги: порошок повинен мати температуру плавлення, значно більш низьку, ніж матеріал деталі; високу наплавляємість; високу текучість; однорідність фракційного складу та високу стійкість проти сегрегації.

Найбільш повно зазначеним вимогам відповідають сплави, що самофлюються. Самофлюсуючими, сплави називаються тому, що вони можуть бути оплавлені в окисній або нейтральній атмосфері в щільне, безпористе покриття.

Основою сплавів які самофлюються є нікель або залізо. Для підвищення стійкості до тріщеноутворення і поліпшення властивостей при ударних навантаженнях замість нікелю використовують кобальт. Ряд сплавів містять значну кількість міді для підвищення антифрикційних властивостей покриття.

Крихкість, тріщиностійкість, зносостійкість, економічні фактори часто обмежують застосування матеріалів на основі нікелю. Аналіз застосування цих сплавів дозволяє зробити висновок, що в більшості випадків деталі доцільно наплавляти менш дорогими матеріалами на залізній основі.

Створення нових зносостійких матеріалів на основі недорогих компонентів, за допомогою яких сплав зміцнюється нетрадиційними карбідними фазами, наприклад, боридами, перспективне і забезпечує підвищену зносостійкість деталей та зниження вартості.

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. "Агроосвіта", 2014 – 665 с.

## СПОСОБИ КРІПЛЕННЯ ЦИЛІНДРІВ ПРИ ЇХ ВІДНОВЛЕННІ

Астахов В.О.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Сайчук О.В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Спосіб кріплення циліндрів має великий вплив на погрішність форми при обробці і в зв'язку з цим має важливе значення в технологічному ланцюжку. Закріплення циліндрів при обробці їх внутрішньої поверхні проводять в спеціальних затискних пристосуваннях різної конструкції. Існуючі способи кріплення циліндрів (гільз) можна розділити на три основні групи (Рис. 1 а,б,в): механічне кріплення за буртик циліндра; кріплення з притиском по торцях циліндра; кріплення циліндра по зовнішній поверхні в гумовій діафрагмі.

Недоліком першого способу кріплення є те, що циліндр кріпиться не по всій довжині, що приводить до його вібрації під час обробки і, як наслідок, збільшення шорсткості, підвищення конусності.

При другому способі кріплення циліндрів, останній деформується, унаслідок чого з'являється бочкоподібність і корсетність. Недоліком такого способу кріплення також є і необхідність центрування кожного циліндра при їх обробці.

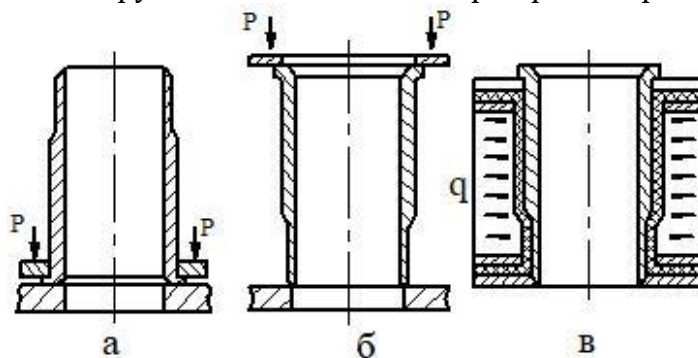


Рисунок 1. Способи кріплення циліндрів: а - кріплення за буртик циліндра; б - кріплення з притиском по торцях циліндра; в - кріплення циліндра по зовнішній поверхні в гумовій діафрагмі

Діафрагменний спосіб кріплення циліндрів отримав широке розповсюдження при хонінгуванні. Так, ГОСНИТИ розроблені діафрагменні пневматичні пристосування для кріплення гільз двигунів Д-48, Д-50 (відповідно ПТ-3921 і ПТ-3920).

Діафрагменні гідравлічні пристосування більш ефективні, але їх неможливо застосовувати при розточуванні циліндрів з ребрами охолодження, якими є циліндри двигунів Д-37М, Д-37Е, Д-144, Д-21А.

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. "Агроосвіта", 2014 – 665 с.



Секція 7

«Комп'ютерна діагностика та  
моніторинг стану машин і обладнання»

## ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ДИЗЕЛЬНОЇ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ

Турлов С.Г.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Манойло В.М.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Найбільш повне уявлення про технічний стан дизельної паливної апаратури можливо отримати тільки при використанні універсальних засобів контролю та діагностики, які дозволили б оцінити такі її основні комплексні параметри, як циклова подача палива, тиск, кут початку і тривалість впорскування палива, частота обертання валу насоса, що відповідає початку дії регулятора насоса і муфти автоматичного випередження впорскування. Важливе значення має також визначення гідравлічної щільності прецизійних елементів паливної апаратури: плунжерних пар, зворотних клапанів і розпилювачів. Відомі спроби створення таких технічних засобів контролю паливної апаратури, проте вони не отримали в даний час широкого застосування в силу недостатньої універсальності і низької точності вимірювання параметрів процесу подачі палива.

Розроблено новий універсальний пристрій для перевірки паливної апаратури, що немає перерахованих недоліків і який максимально використовує в своїй конструкції відомі технічні рішення і серійні блоки. Пристрій за своїм принципом дії є стробоскопічним і управляється контактами, розташованими в системі високого тиску палива. Принципова блок-схема пристрою представлена на рис. 1 і включає в себе датчик 1 і вимірювальний комплекс, який об'єднує командний апарат 2, стробоскопічну лампу 3, імпульсний частотомір 4 і стрілочний індикатор 5 частоти обертання.

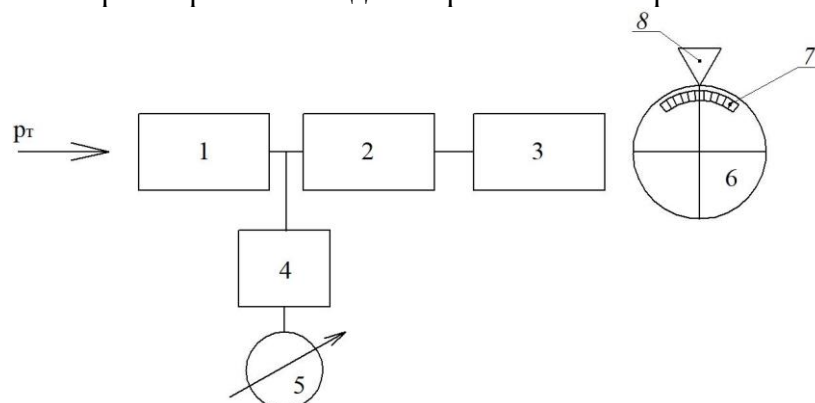


Рисунок 1. Блок-схема пристрою для перевірки дизельної паливної апаратури

Датчик (рис. 2) з гідравлічною пружиною і вимірюванням тиску по шкалі манометра. Така схема датчика спрощує і підвищує точність вимірювання тиску на початку впорскування палива. Відомі контактні датчики, які розробляються на основі

максиметра або форсунок, передбачають зовнішню установку електричних контактів і їх управління від голки розпилювача за посередництвом спеціально подовженої і виведеної назовні штанги. При такому виконанні контактний датчик не вдається вимірювати дійсні значення кута початку і тривалості упорскування, і істотно спотворюється сам закон руху голки розпилювача внаслідок значного збільшення маси рухомих деталей.

У розробленому датчику ці недоліки усунуті шляхом використання розпилювача, корпус якого виконаний складеним з двох електричних ізолюваних одна від одної частин, причому одна з них є направляючою запірної голки розпилювача і з'єднана електрично з корпусом двигуна (насоса), а інша – сідлом і з'єднана за посередництвом струмоведучого дроту з вимірювальним комплексом, що перетворює механічні коливання голки в електричні імпульси, а потім в показники кута початку і тривалості упорскування, частоти обертання. При цьому, голка розпилювача, яка навантажена гідравлічним механізмом з манометром, виконує роль рухомого контакту, що переміщується відповідно до імпульсів тиску палива. У зв'язку з функціональним поєднанням розпилювача і контактора з'єднання «сідло-голка розпилювача» виконано як прецизійне і забезпечує герметичність внутрішньої порожнини розпилювача.

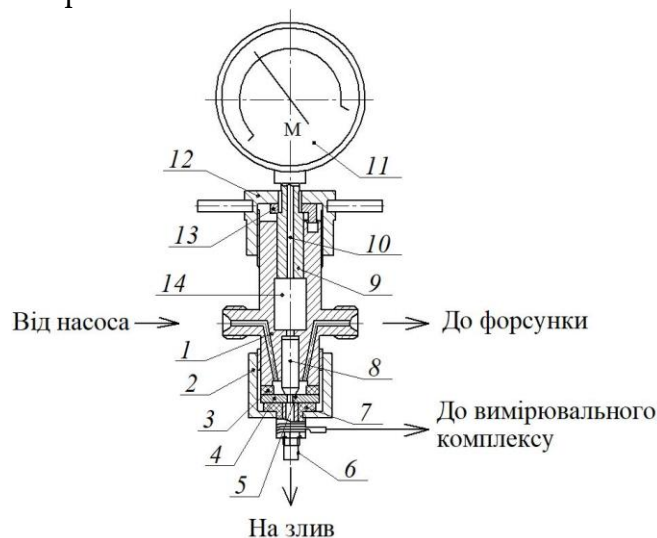


Рисунок 2. Датчик з гідравлічним управлінням голкою розпилювача

Датчик (рис. 2) включає в себе: корпус 1, до якого гайкою 2 через струмоізолюючі прокладки 3 і 7 кріпиться сідло 4 з сопловим отвором 5 для розпилу палива, електрод 6 для підключення датчика на вхід вимірювального комплексу, механізм навантаження голки 8, що складається з плунжера 9 з осевим каналом 10 і фіксатором 13, манометра 11 і гайки-лімба 12. Порожнина 14 заповнюється мастилом. Ізолююча прокладка 3 одночасно герметизує розпилювач.

#### Список літератури

1. Дюмин И.Е. Повышение эффективности ремонта автомобильных двигателей / И.Е. Дюмин – М.: Транспорт, 1987. – 78 с.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ШЛЯХОМ МОНІТОРИНГУ ЇХ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

Харченко В.В.

**Науковий керівник:** д.т.н, професор Козаченко О.В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Ефективність використання засобів транспорту у технологічних процесах характеризується певними показниками, серед яких найбільш впливовими є: раціональне використання ресурсу, продуктивність, економічність, екологічність тощо, які в умовах підприємств, на сьогодні, мають значний розкид кількісних характеристик, що характеризують величину їх позапланових простоїв з ряду об'єктивних причин.

Важливими чинниками впливу на зміну технічного стану та кількісних значень характеристик параметрів експлуатаційної надійності автомобільного парку є недосконалість діючої системи технічного обслуговування та умови експлуатації, що визначаються значною кількістю випадкових чинників [1].

Перспективним напрямком підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів слід вважати моніторинг технічного стану в умовах підприємств на основі аналізу статистичної інформації щодо відмов окремих агрегатів і систем, застосуванням сучасного діагностичного обладнання, раціональних підходів до системи технічного обслуговування та ремонту з можливістю корегування періодичності та змісту технічного впливу [2].

В теоретичному аспекті запропоновано ефективний підхід щодо моніторингу стану машин за діагностичною інформацією, що дозволяє з достатньою ймовірністю визначити ресурс і найбільш обґрунтовано приймати рішення по відновленню працездатності машин в експлуатації, визначити оптимальні терміни та обсяг робіт по технічному обслуговуванню і ремонту, планувати раціональне використання техніки в процесі експлуатації.

Так встановлено що, моніторинг стану агрегатів і систем транспортних засобів свідчить про те, що залежність діагностичних параметрів від напрацювання містить в собі детерміновану і випадкову частини, які обумовлені як внутрішніми, так і зовнішніми факторами, що являє собою реалізацію випадкової функції. Це зумовлює підвищення

ефективності визначення та прогнозування технічного стану агрегатів і систем та в цілому транспортних засобів в умовах підприємств та підвищити їх готовність при виконанні технологічних процесів виробництва.

Для оцінки точності залишкового ресурсу двигуна транспортного засобу доцільно визначити середнє квадратичне відхилення діагностичного параметру  $i$ , в залежності від прийнятої довірчої ймовірності, відхилення діагностичного параметру від його теоретичного значення.

По значенню залишкового ресурсу, шляхом порівняння його з сезонним завантаженням в умовах конкретного сільськогосподарського підприємства доцільно приймати рішення про проведення робіт з технічного обслуговування і ремонту.

#### Список літератури

1. Козаченко О.В. Проблеми та перспективи розвитку технічного сервісу машин АПК. Технічний сервіс машин для рослинництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2014. – Вип.145. С.3-7.
2. Козаченко О.В. Зміна технічного стану машин при експлуатації /О.В.Козаченко, О.В.Блезнюк, О.Д.Деркач та ін. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенка. - Харків: ХНТУСГ, 2011. Вип.109. С.27 - 35.
3. Барзилович Е.Ю., Каштанов В.А. Некоторые математические вопросы теории обслуживания сложных систем. – М.: "Советское радио",1971.-271 с.
4. Барлоу Р.Е., Прошан Ф. Математическая теория надежности. Перс англ. Под ред. Б.В. Гнеденко. - М.: "Советскоерадио", 1969. – 488 с.
5. К вопросу о проявлении игрупповых и одиночных отказов и неисправностей и равнонадежности элементов электронных систем управления двигателем легковых автомобилей. / Зенченко В.А., Григорьев М.В. Московский автомобильно-дорожный институт (государственный технический университет). – М., 2002г, – 7 с.
6. Сухарев Э.А. Теория эксплуатационной надежности машин : [Монография]/Сухарев Е.А. – Ровно: УГАВХ. – 2000. – 164 с.

## КОМПРЕСОГРАФ НА БАЗІ USB-ОСЦИЛОГРАФА І ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ ДВЗ

Калашник В., Шевляков В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Сорокін С.П.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Найбільше число відмов автомобілів припадає на двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ). Надійність роботи двигуна визначається як конструктивними та технологічними заходами, реалізованими заводом-виробником, так і умовами експлуатації, організацією і якістю його обслуговування. Для виявлення і запобігання несправностей в роботі ДВС необхідно проводити періодичне технічне обслуговування і діагностування. В умовах експлуатації найбільшу цінність представляють ті методи діагностування, які прості в реалізації, дозволяють швидко оцінити технічний стан ДВЗ і, в той же час, володіють достатньою інформативністю і чутливістю.

Діагностику ДВС необхідно починати з оцінки технічного стану ЦПГ. Часто на автомобілях навіть з невеликим пробігом виявляються відхилення параметрів від нормальних значень, обумовлених, як якістю виготовлення, так і експлуатацією техніки на вітчизняному паливі і оливах.

Відомі способи визначення технічного стану ЦПГ засновані на вимірюванні параметрів супутніх процесів в кожному циліндрі ДВЗ. Узагальненим параметром технічного стану ЦПГ є пневматична щільність камери згоряння.

Способи, що застосовуються, носять переважно інтегральний характер оцінки технічного стану і не дозволяють виявляти причину конкретної несправності. Внаслідок недосконалості відомих способів і технічних засобів часто виникають похибки діагностичних вимірювань, що зумовлює надходження в ремонт двигунів з недовикористаним ресурсом.

Відомий спосіб оцінювання технічного стану ЦПГ за тиском повітря в кінці такту стиснення (компресії) [1]. Цей спосіб набув найбільшого поширення у зв'язку з використанням простих технічних засобів.

Однак він дозволяє лише визначити наявність або відсутність компресії в циліндрі. Одним виміром неможливо розділити виток пов'язані з не герметичністю клапанів або зносом або закоксовуванням компресійних кілець. Для пошуку несправності проводять два вимірювання компресії по циліндру із закритою і повністю відкритою дросельною заслінкою або додають 3-5 мл олії для посилення масляного клина у сполученні компресійне

кільце - гільза. Методична похибка оцінки ЦПГ по тиску стиснення (компресія) становить не менше 30%.

Для безпосереднього визначення пневмоцільності циліндро-поршневої групи використовують спеціальні прилади – пневмотестери (лік-тестери). Принцип роботи приладу заснований на вимірюванні перепаду тиску на дросельному отворі приладу [4].

Для достовірної діагностики циліндра важливо не тільки визначити його компресію, а й оцінювати динаміку наростання компресії, для чого необхідно реєструвати тиск в циліндрі на кожному такті стиснення.

Однак відомі засоби діагностування ЦПГ не володіють властивістю реєстрації тиску на кожному такті стиснення, що значно знижує ефективність діагностики.

На рис.1 наведена схема підключення функціональних елементів, що забезпечують реалізацію способу діагностування ЦПГ ДВЗ шляхом динамічної компресографії.

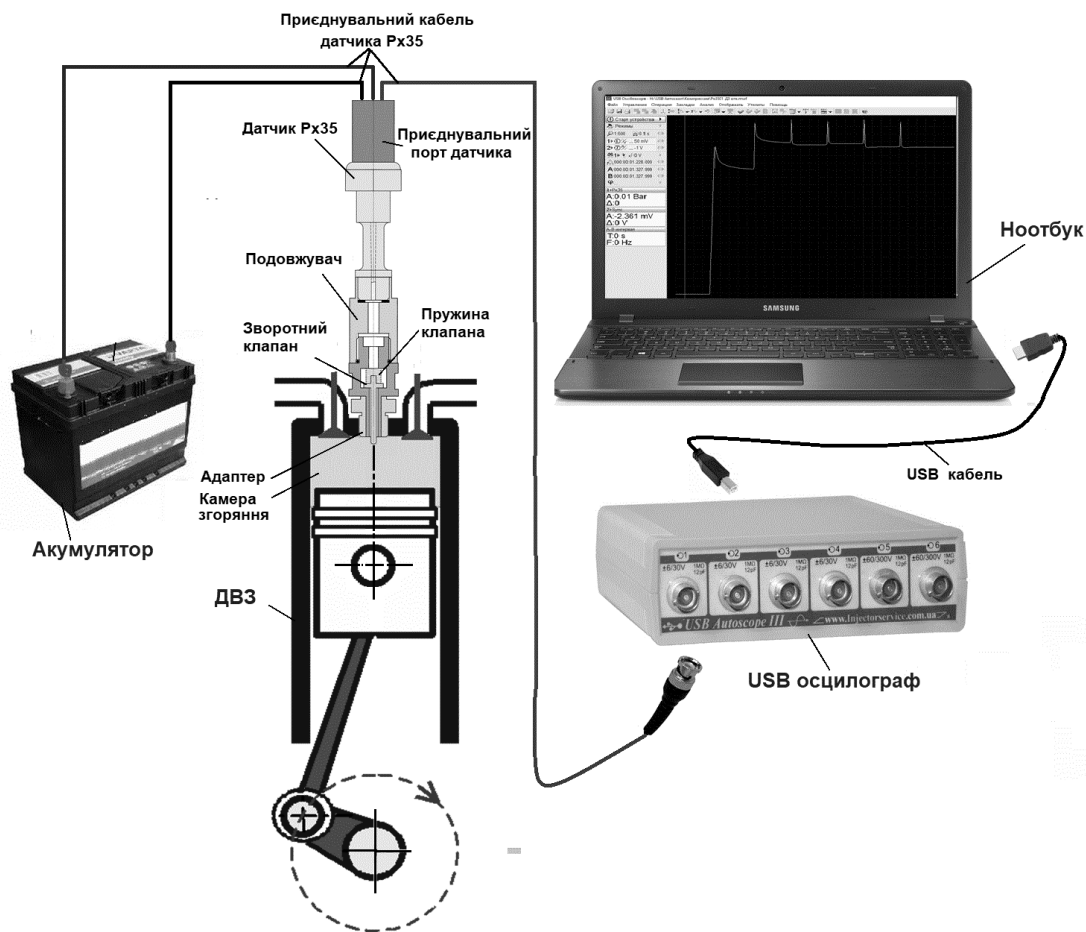


Рисунок 1. Схема компресографа на базі USB осцилографа

Вимірювальна схема побудована на базі осцилографа USB Autoscope III (<https://injectorservice.com.ua/>) з датчиком тиску Rx35, який входить у комплект осцилографа. Датчик має два адаптери для приєднання до живлення і вимірювального каналу осцилографа та для приєднання до свічкового отвору камери згоряння циліндра який діагностується. На вході у повітряний канал датчика встановлений зворотний клапан що утримується у закритому стані пружиною. Подовжувач слугує для можливості використання датчика на двигунах різних марок. Конструктивно подовжувач виконано таким, що його внутрішній обсяг дорівнює внутрішньому обсягу подовжувача датчика тиску з комплекту осцилографа. Це забезпечує можливість застосування вбудованої опції вимірювання тиску без застосування налагоджувачів користувача з таруванням датчика.

Візуалізація процесів діагностування забезпечується на моніторі ноутбука, на якому встановлена програма керування осцилографом.

Живлення вимірювальної схеми здійснюється від акумулятора. Осцилограф з ноутбуком з'єднується USB кабелем.

Діагностування ЦПГ ДВЗ з іскровим запалюванням здійснюється наступним чином.

Запускають двигун і прогрівають його до робочої температури. Викручують усі свічки запалювання двигуна. Поршень циліндра, який перевіряється, встановлюють у верхню мертву точку, незалежно від такту (стискання чи впуску).

Приєднують різьбовий адаптер датчика тиску Rx35 до свічного отвору циліндра. Приєднують електричне рознімання датчика до акумуляторної батареї, та приєднують датчик до відповідного входу осцилографа. Вибирають відповідний режим та включають запис осцилограми. Натискають на педаль акселератора і обертають колінчастий вал на протязі 3-4 секунд. Виключають запис. Зберігають отримані результати на комп'ютері.

Поршень наступного циліндр ДВЗ, що підлягає діагностуванню, встановлюють у ВМТ і повторюють процедуру діагностування.

Після зберігання осцилограм по усім циліндрам їх почергово візуалізують і аналізують.

На рис.2 представлені результати візуалізації отриманих результатів для циліндрів ДВЗ, що суттєво різняться за технічним станом.



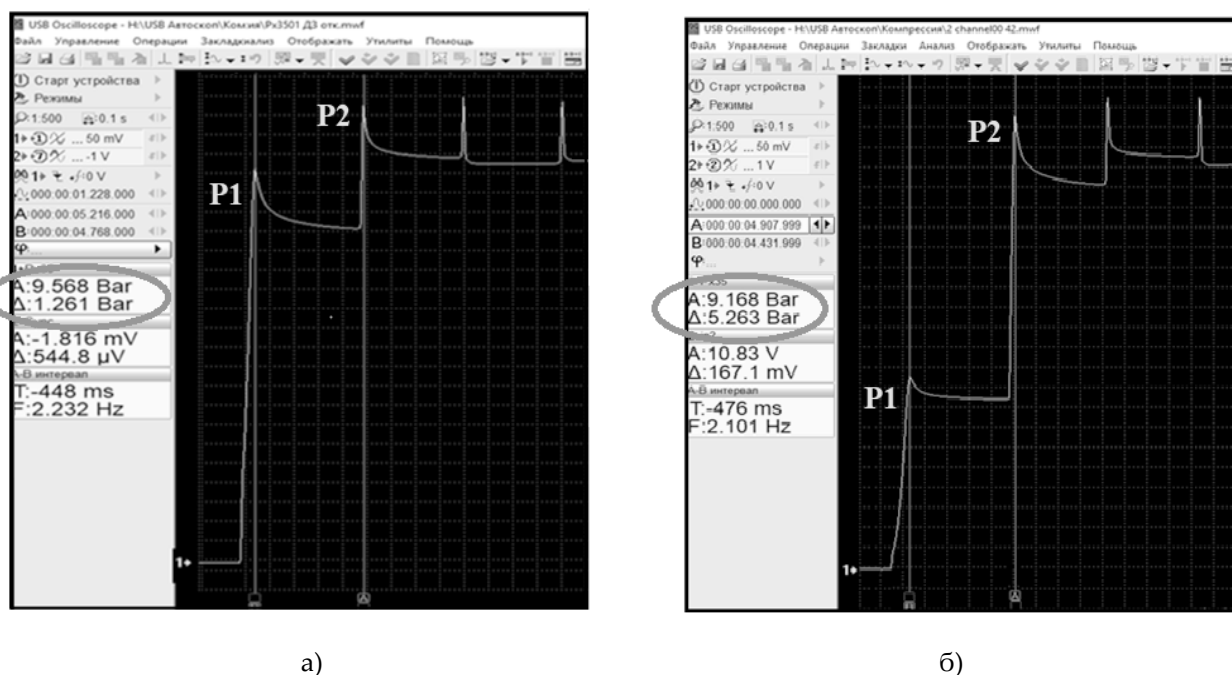


Рисунок 2. Візуалізація результатів діагностування

На підставі отриманих результатів роблять висновок щодо технічного стану ЦПГ ДВЗ. Так, якщо на першому такті стиснення величина тиску низька ( $0,3 \div 0,4$  МПа), а при наступних тактах стиснення різко зростає, то це свідчить про знос поршневих кілець, але якщо на першому такті стискання досягається помірний тиск ( $\sim 0,7 \div 0,9$  МПа), а при наступних тактах стиснення це значення практично не зростає, то це побічно свідчить про наявність витоків через дефекти клапанів, прокладки, тріщини в головці блоку циліндрів і т.п. [3]

#### Список літератури

1. Практикум з технічної діагностики: навч. посібник /О.В. Козаченко, С.П. Сорокін, О.М. Шкрегаль та ін.; За ред. проф.О.В. Козаченка. — Х.: Факт, 2013. — 456 с
2. Сорокін С.П. «Обґрунтування параметрів пневмотестера для контролю технічного стану циліндро-поршневої групи двигуна» [Текст] / Козаченко О.В., Шкрегаль О.М., Каденко В.С., Блезнюк О.В., Зозуля Д. // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – Харків: 2019. – № 15. – С. 49-59.
3. Хрулёв А.Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей. Производств.-практ.издание. М., изд-во «За рулем», 1998, с. 149.

## БОРТОВІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Сизько А. А.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Антощенко Р. В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Призначення, завдання та класифікація

Бортові електронні системи сільськогосподарської техніки являють собою мікропроцесори, які обслуговують окремі системи трактора (комбайна), або бортовий комп'ютер, керуючий і виконуючий контрольні функції декількох систем трактора. Бортовий комп'ютер з програмним забезпеченням і комплекс вбудованих датчиків можна вважати бортовий інформаційною системою.

Перший бортовий комп'ютер на сільськогосподарський трактор був встановлений фірмою «Рено» в 1983 році. У 1985 році на Європейській виставці сільгосптехніки наявність бортового комп'ютера у тракторів вже вважалося нормою. В даний час на ринку можна виділити техніку, оснащену бортовими комп'ютерами, таких виробників як Case, Deutz-Fahr, Fendt, New Holland, John Deere, Massey Ferguson та ін. [1].

Спочатку бортові комп'ютери виконували обмежене число завдань. Вони дозволяли в режимі реального часу реєструвати, виводити на монохромний монітор і зберігати на вбудованому носії близько 20 параметрів - швидкість, пройдений шлях, час, обороти колінчастого валу, тягове зусилля на гаку, крутний момент на валу, продуктивність агрегату, витрата палива і т.д.

Тракторний або комбайновий бортовий комп'ютер сьогодні можна з'єднувати з системами, які керують двигуном, коробкою передач, гідравлічним підйомником, провідними осями коліс та ін. З бортовим комп'ютером можуть одночасно працювати керуючі і контрольні системи, що знаходяться на агрегованих з трактором машинах. Застосування електронної керуючої системи, яка охоплює взаємодію тракториста, трактори, машини і ґрунту, створює великі можливості для підвищення продуктивності праці, зниження витрати палива і ущільнення ґрунту. Електронне регулювання машин вимагає сумісності встановленого на тракторі комп'ютера і процесора сільгоспмашини, а також відповідності їх проводів і з'єднань. Це вже стандартні вузли, що дозволяє агрегувати трактор з машинами, обладнаними електронікою різних виробників [2].

Сучасні двигуни обладнані електронною системою управління уприскуванням палива, яка дозволяє знизити його витрата і обмежити емісію шкідливих хімічних речовин в атмосферу без участі людини. Для цього на двигуні потрібно розмістити

близько 20 датчиків. Крім того, нові моделі тракторів обладнують системами електронного прискорення, керованими вручну. Оператор за допомогою перемикачів і кнопок регулює частоту обертання валу двигуна.

Додатково трактори оснащують електронними пристроями, які автоматично підбирають передачу в КП з урахуванням швидкості і ковзання коліс. Включення передачі полягає в передачі сигналу (натисканням кнопки) мікропроцесора, який виконує перерахунки і включає відповідні гідравлічно керовані пари зубчастих коліс. Фірма SAME пропонує трактори з КП Multispeed, в яких вихідна потужність двигуна контролюється електронною керованою системою, що передає дані в центральний блок. Керуюча система в залежності від потужності двигуна встановлює відповідний режим роботи - SOFT (економний) або HARD (максимальні можливості). Якщо вона виявляє несправність (пошкоджена котушка електронного клапана управління, блокування нажимної кнопки, відсутність потужності двигуна), то сигналізує відповідним кодом. Multispeed забезпечує безперервний потік потужності від двигуна до КП і колесам, що дозволяє підвищити продуктивність, скоротити час виконання заданої операції і тим самим знизити витрату палива і витрати. Вибір відповідного режиму роботи передачі, діапазону, швидкості і напрямку їзди здійснюється за допомогою кнопок без натискання педалі зчеплення (під навантаженням).

В цілому бортові електронні системи трактора охоплюють:

- приводи систем і вузлів трактора (двигун, коробка передач, шасі, навіску);
- інформацію, регулювання, управління (контроль процесів, інформація про включених вузлах, приводах трактора, настановних параметрах, перемикачів передачі, включення і виключення приводу передньої осі, диференціала, ВВП та ін.);
- діагностику, що дозволяє самоконтролювати систему, аналізувати і сигналізувати про несправності і місцях їх виникнення;
- управління (накопичення результатів роботи, відпрацьованих засобів і витрат, прийняття рішень, що стосуються зміни режимів);
- функціонування МТА (передача даних від датчиків машини в бортовий комп'ютер трактора і управління режимами роботи агрегату);
- супутникові системи позиціонування машини на поле (супутникова навігація);
- системи зв'язку між бортовим комп'ютером і комп'ютером, що знаходяться в офісі.

Найбільш поширені системи охоплюють перші чотири функції з семи зазначених і стосуються безпосередньо трактора, а не зовнішніх систем, пов'язаних з електронним управлінням сільгоспмашин, супутниковою навігацією і комп'ютерами.

#### Список літератури

1. Никитченко С. Л. Инженерное обеспечение растениеводства: монография. Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2011. 272 с.
2. Антощенков Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоелементних машинно-тракторних агрегатів: монографія. Х.: ХНТУСГ. «Міськдрук», 2017. 244 с.

## КОМП'ЮТЕРНА ДІАГНОСТИКА ТА МОНІТОРИНГ СТАНУ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

Сергієнко О.А.

**Науковий консультант:** Боговесов О.С.

*Вовчанський фаховий коледж ХНТУСГ імені Петра Василенка  
м. Вовчанськ, Україна*

Комп'ютерна діагностика автомобіля – це ефективний спосіб ретельної перевірки всіх електронних систем транспортного засобу, який надає можливість, по-перше, попередити назриваючі несправності і, по-друге, з точністю виявити вже наявні проблеми. Комп'ютерна діагностика дає інформацію про поточний стан вузлів, деталей і блоків управління автомобіля, оцінює його загальний технічний стан та дозволяє отримати наступну інформацію: поточний стан автомобіля; можливі резерви для оптимізації машини; необхідні дії, які допоможуть вирішити поточні проблеми, а також дозволять досягти бажаного стану машини. Комп'ютеризована діагностична система передбачає застосування у своєму складі комп'ютерних засобів для отримання інформації про технічний стан об'єкту діагностики. У таких системах програмно-апаратні засоби системи (датчики, актуатори, перетворювачі сигналів, комп'ютери) цілком розташовані за межами автомобіля (не є штатним обладнанням автомобіля). Зазвичай комп'ютеризована система створюється на базі звичайної електромеханічної діагностичної системи. Алгоритм проведення комп'ютерної діагностики систем автомобіля складається з наступних етапів:

- Зчитується вся інформація. Сюди входить інформація про коди помилок і дані «адаптивної» підстроювання блоку управління.
- Перевірка актуальності отриманих даних.
- Отримання даних в реальному часі (функція Data Stream). Ця функція використовується для перевірки датчиків і елементів системи в реальному часі. Дисплей відображає параметри впорскування палива, зміни оборотів колінчастого валу і багато іншого під час роботи двигуна.
- Аналіз отриманих результатів. Робляться висновки про роботу систем, наявність і характер передбачуваних несправностей. Основною перевагою сканерів є робота в режимі осцилографа – отримання графіків залежностей від різних параметрів, а не тільки від часу, і дослідження впливів зміни аналізованого параметра
- Стерти з пам'яті коди виниклих помилок і повторно форматувати систему.

### Список літератури

1. Кузнецов Е. С. Техническая эксплуатация автомобилей. Е. С. Кузнецов – М. : Транспорт, 1991. – 413 с.

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ БЕЗКАБЕЛЬНОГО КОНТРОЛЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ МАШИНИ

Тополя П.А.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Поляшенко С.О.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

В даний час, при збільшених робочих швидкостях і ускладнені конструкції машин, останні оснащені технічними засобами, що дозволяють автоматично контролювати режим роботи машини в цілому, технічний стан окремих вузлів, попереджати їх поломки, перевантаження і т.п. Наявність контрольно-вимірювальних приладів - одна з умов безпечної та надійної роботи сільськогосподарських машин. Ефективність їх використання підвищується при об'єднанні їх з системами сигналізації.

Останнім часом розроблені системи автоматичного контролю, призначені для різних сільськогосподарських машин. Недоліком існуючих систем контролю є використання в схемі елементів, що володіють малим ресурсом роботи (мікроперемикачі, лампочки розжарювання, кнопки). Також існуючі системи контролю розроблялися стосовно певної машини і тому не мають універсальність. Так що доводиться дистанційно отримувати інформацію про багатьох параметрах машин, тобто здійснювати багатоточечний контроль, і число контрольованих параметрів має тенденцію зростання, то відповідно зростає і число проводів в кабельних лініях зв'язку. Багатопроводні кабелі зазвичай є багатожгутовими, що ускладнює їх монтаж на машині; знижує функціональну надійність за рахунок великого числа контактних з'єднань і взаємного перешкодового впливу; ускладнює визначення місць пошкодження і відновлення при розриві. Контроль швидкості потоку робочого середовища дозволить не тільки підняти коефіцієнт технологічної надійності, що є фактором поліпшення якості технологічного процесу, а й дозволить краще і швидше вийти на нормальний режим роботи самої машини. Це виражається в тому, що, стежачи за стабільною швидкістю руху потоку робочого середовища, можна стабілізувати і саму швидкість технологічного процесу, контролюючи, таким чином, найбільш оптимальний цикл технологічного процесу.

В якості блокової схеми виберемо схему, яка містить дві приставки: одну до датчика, а іншу – до центрального пульта управління (ЦПУ). Система працює циклічно. Цикл складається з послідовності посилок  $n$  радіоімпульсов (їх число дорівнює числу датчиків) і часу установки схеми в початковий стан.

В якості опитувальних і відповідальних сигналів використовуємо огинаючі радіоімпульсів двох радіочастот  $f_1$  і  $f_2$ . Значення частот обрані  $f_1 = 27$  мГц і  $f_2 = 45$  мГц в зв'язку з малими втратами на випромінювання в ультракороткохвильовому діапазоні. З тим, щоб забезпечити достатню стійкість радіочастотного тракту системи контролю та не допустити суттєвого викривлення обвідної радіоімпульсів, необхідно визначити оптимальну смугу пропускання радіочастотного тракту. Для цього огинаючу радіосигналу, що діє на вході системи, або, що те ж саме, амплітуду напруги згідно розкладу Фур'є представимо у вигляді:

$$U_m(t) = \frac{E}{2} + \frac{2E}{\pi} \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{\sin(2\nu+1)\Omega t}{2\nu+1}. \quad (1)$$

Тоді миттєві значення напруги на вході визначаються виразом:

$$U(t) = U_m(t) \sin \omega_p t = \frac{E \sin \omega_p t}{2} - \frac{2E}{\pi} \sin \omega_p t \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{\sin(2\nu+1)\Omega t}{2\nu+1}. \quad (2)$$

Спектр коливань (рис. 1) складається зі складових несучої частоти  $\omega_p$  з амплітудою  $E/2$ , нижніх і верхніх бічних складових. Кутові частоти останніх рівні  $\omega_p + \Omega, \omega_p + 3\Omega$  і т.д., а амплітуди обернено пропорційні номеру складової  $(2\nu+1)$ .

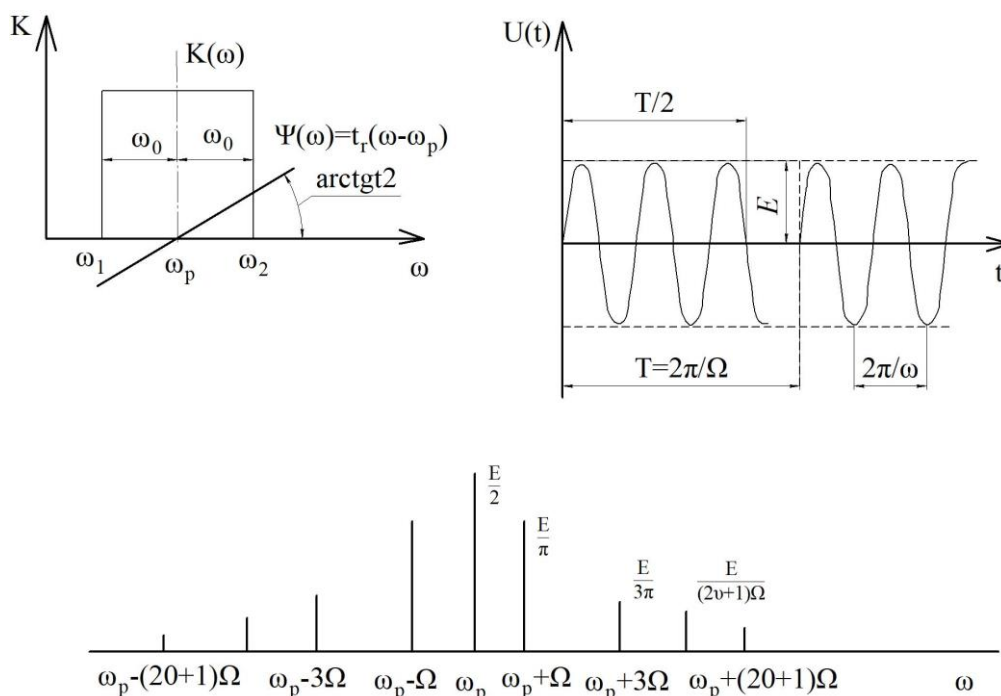


Рисунок 1. До пояснення спектра радіоімпульсів

Амплітуди нижніх бічних складових зменшуються зі збільшенням свого номера. Однак особливість нижніх бічних складових полягає в тому, що при виявленні частоти, яка дорівнює нулю і отже, складові, номери яких, мають негативні частоти, вже ростуть по абсолютній величині зі збільшенням номера. З огляду на, то що амплітуди складових з негативними частотами зазвичай малі, нехтуємо ними і вважаємо спектр радіосигналу симетричним щодо несучої частоти. Що стосується запізнювання фронту, то, відраховуючи його по моменту, відповідного середині фронту, знаходимо, що він дорівнює крутизні фазової характеристики.

При зміні смуги пропускання в реальних контурах одночасно змінюється і крутизна фазової характеристики. Внаслідок цього зміна смуги пропускання викликає не тільки зміну часу наростання, а й часу запізнювання.

У разі вузької смуги пропускання за час дії імпульсу на вході, напруга на виході не встигає досягти рівного стаціонарного значення. При цьому імпульс має форму, близьку до трапеційдальної, а амплітуда його дорівнює добутку швидкості наростання напруги на тривалість імпульсу.

Розроблена структурна схема системи автоматичного контролю може бути реалізована як за допомогою радіоканалу зв'язку «Центральний пульт управління - датчики», так і використанням мережі електроживлення «маса-провід живлення». Електрична схема системи контролю може бути конструктивно реалізована у вигляді однієї окремої ідентичною приставки до кожного датчика і загальної приставки до ЦПУ.

Визначено раціональну смугу пропускання системи для радіоімпульсів, що забезпечує максимум відносини сигнал/шум. Визначено часові параметри і характеристики системи.

#### Список літератури

1. Федоров Ю.И. Автоматизация контроля выполнения технологического процесса на мобильных сельскохозяйственных агрегатах // *Исследование рабочих органов сельскохозяйственных машин*: Сб. Науч. Тр.- москва: висхом, 1970. – с. 226–231.
2. Поляшенко С.А., Евтушенко А.В., Влащенко Г.И. Система бескабельного контроля и сигнализации технологического процесса // *Вісник інженерної Академії України: Фізическіе і комп'ютерніе технології в народном хозяйстве*: Сб. науч. тр. – Харьков, ХНПК "ФЭД", 2002. – С. 260–263.
3. Лебедев А. Т., Поляшенко С.А., Шушляпин С.В., Поляшенко В.С. Система контроля технологического процесса на мобильных сельскохозяйственных машинах// *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства* // Зб. наук. пр. Вип. 44, т.1 - Харків, ХДТУСГ – 2006

## УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ДАТЧИК ВІДСТАНІ

Сміцков Д. С.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Антощенко Р. В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Найчастіше, необхідно швидко і досить точно виміряти відстань від спостерігача, до деякого об'єкту. Пристрої, які розроблені для вирішення таких завдань, називаються «далекоміри» [1]. Області застосування таких пристроїв широкі: від робототехніки до систем моніторингу складних інженерних конструкцій [2].

Умовно, далекоміри можна розділити на активні:

- звуковий;
- світловий;
- лазерний;
- далекоміри, що використовують оптичний паралакс;
- далекоміри, що використовують зіставлення об'єкта будь-якого

зразком.

Принцип дії далекомірів активного типу однаковий для всіх пристроїв і полягає в вимірі часу, за який сигнал проходить відстань від передавача до приймача. Причому, швидкість поширення сигналу (швидкість світла, звуку та ін.) вважається відомою.

Далекоміри звукового типу є найдешевшими і поширеними з усіх, які можна підключити до мікроконтролеру, тому розглянуто ультразвукової далекомір HC-SR04.

Ультразвуковий далекомір - пристрій, призначений для визначення відстані від датчика до об'єкта. В основі принципу вимірювання лежить ехолокація, як у дельфінів або кажанів. Датчик складається з передавача, що генерує ультразвукові хвилі, приймача, який «слухає» відлуння, і об'язки для нормальної роботи модуля.

Ультразвуковий далекомір HC-SR04 представлено на рис. 1.

Спрощено, принцип роботи даного датчика можна представити таким чином. Далекомір генерує звукові хвилі на частоті 40 кГц. Після того як ці хвилі відбиваються від об'єкта і повертаються на приймач, датчик видає інформацію про час, витрачений на проходження звуку від датчика до об'єкта і назад.

Ультразвуковий сигнал поширюється широко направленою хвилею в 30°. Напрямок поширення ультразвукового сигналу з передавача показано на рис. 2. Найбільш ефективний кут вимірювання 15°. Сторонні об'єкти, що потрапляють під цей кут вимірювання, можуть збивати показання датчика.



На показання ультразвукових далекомірів не впливають засвічення від сонця або колір об'єктів, як це відбувається з інфрачервоними датчиками. Ультразвукова хвиля буде відображатися практично від будь-яких поверхонь, навіть прозорих, але можуть виникнути труднощі з визначенням відстані до пухнастих або дрібних предметів.



Рисунок 1. Ультразвуковий далекомір HC-SR04

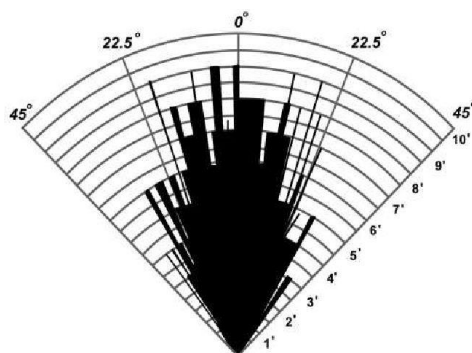


Рисунок 2. Діаграма спрямованості ультразвукової хвилі

Також, на свідчення впливає кут падіння хвилі. Якщо датчик спрямований перпендикулярно об'єкту, то вимірювання будуть найбільш точними. А якщо, кут падіння буде занадто великим, то хвиля, відбившись від об'єкта, що не потрапить в приймач, що призведе до невірного виміру.

Сам датчик нічого не розраховує самостійно, а лише видає імпульс певної тривалості. Всі розрахунки необхідно проводити в мікроконтролері.

#### Список літератури

1. Антощенко Р. В., Антощенко В. М., Кашин Д. В. Вимірювальна система динамічних та енергетичних показників орного агрегату. *Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ*. Х.: ХНТУСГ, 2015. Вип. 156. С. 320-326.

2. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоеlementних машинно-тракторних агрегатів: монографія. Х.: ХНТУСГ. «Міськдрук», 2017. 244 с.

## ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ РОЗРОБКИ ЕКСПРЕС-ТЕСТУ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ

Лупенко В.В.

**Науковий консультант:** к.т.н., Колеснік І.В.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Відоме діагностування рульових керувань тракторів, що базується на методах, які передбачають демонтаж, призводячи до підвищення трудомісткості технічного обслуговування і витрати робочих рідин. Окрім того, відсутні необхідні дослідження з обґрунтування методів діагностування рульового керування при виконанні трактором транспортної операції.

Напрямок досліджень визначено необхідністю розробки експрес-методу оцінки технічного стану рульового керування трактора на транспортних роботах, який забезпечує оперативну оцінку керованості трактора

Для трактора на транспортних роботах вирішується задача підвищення функціональної точності при якій оцінюється його відхилення при русі від конфігурації проїзної частини дороги (коридор руху). При цьому вирішується задача для короткочасного одноразового і багаторазового, тривалого дискретного і безперервного впливу водія на рульове керування трактора.

Обґрунтовано критерій керованості трактора на транспортних роботах, оцінюваний за інтенсивністю прирощення кута повороту керованих коліс трактора до зміни кута повороту рульового колеса. Доведено, що несправності елементів гідрооб'ємного рульового керування трактора, що призводять до підвищених витоків робочої рідини, є основною причиною порушення функціональної стабільності гідрооб'ємного рульового керування.

Методологія контролю функціональної точності і працездатності гідрооб'ємного рульового керування трактора, яка запропонована, дозволяє із заданою вірогідністю обґрунтувати технологію пошуку несправностей і відмов.

На основі отриманої аналітичної моделі визначено узагальнюючий діагностичний параметр – передавальна функція кутових прискорень внутрішнього керованого і рульового коліс, яка дозволяє оцінити функціонування систем рульового керування без необхідності втручання в конструкцію або припинення технологічного процесу. Проблема функціональної точності рульового керування трактора вирішується шляхом оцінки відхилень (помилки) функціональних параметрів від їх розрахункових (номінальних) значень, що виникають під впливом різних дестабілізуючих факторів.

**Список літератури**

1. Іванов В.І., Калінін Е.І. Підвищення надійності системи методом селекції її елементів. Вісник ХНТУСГ: «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва». Випуск 163.– Харків: ХНТУСГ, 2015 р. – С. 142-146

## НАПРУЖЕННЯ НА ВАЛАХ ТРАКТОРА ХТЗ – 17221 ПРИ ВИКОНАННІ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ АГРЕГАТАМИ ЗМІННОЇ МАСИ

Котляр А.В.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Калінін Є.І.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Аналіз статистичних законів розподілу величин переміщення центру мас причіпного та напівначіпного транспортно-технологічного агрегатів змінної маси та їх дотичної сили тяги дозволяє зробити висновок, що для таких агрегатів виконується припущення про нормальний розподіл параметрів, які формують простір енергетичних конфігурацій.

З огляду на те, що випробування на міцність і довговічність передбачають проведення серії ресурсних випробувань, кількість циклів навантаження яких обчислюється істотними значеннями, в даний час великого поширення набуває вивчення навантаженості машинобудівних конструкцій за допомогою проведення комп'ютерного експерименту з використанням методу скінченних елементів.

Метою комп'ютерних досліджень є підтвердження аналітичних залежностей між динамікою центру мас транспортно-технологічного агрегату змінної маси і навантаженістю його елементів з метою визначення раціонального режиму функціонування останнього.

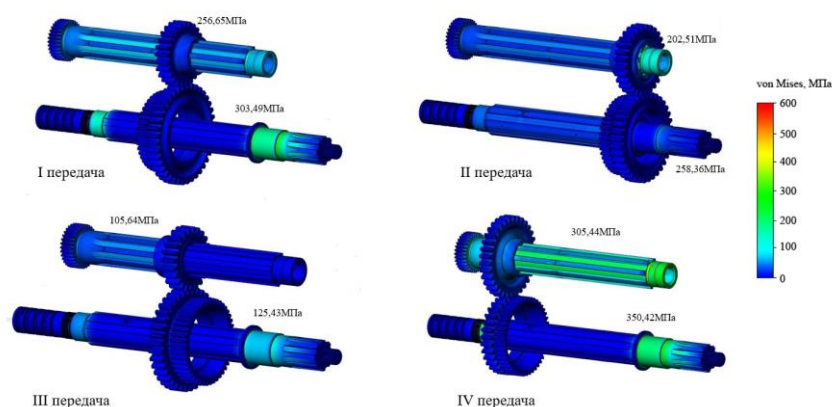


Рисунок 1. Значення напружень на валах КПП трактора ХТЗ-17221 при виконанні технологічного процесу в агрегаті з транспортно-технологічною машиною

### Список літератури

1. Калінін Є.І. Аналіз зміщення центра ваги напівначіпної машини при її функціонуванні. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке. 2010. Вип. 14 (28). С. 216-224.

## ДІАГНОСТУВАННЯ ГІДРООБ'ЄМНОГО РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ

Білих В.С.

**Науковий консультант:** к.т.н., Колеснік І.В.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна

Експрес-метод діагностування гідрооб'ємного рульового керування трактора базується на оцінці прискорення повороту трактора з одного крайнього положення в інше при різному технічному стані агрегатів і вузлів.

Приладове забезпечення експрес-метода технічного діагностування – вимірювальний комплекс ВДВММ 4-001 та додатково розроблене обладнання для визначення кутового прискорення рульового колеса (рис. 1).

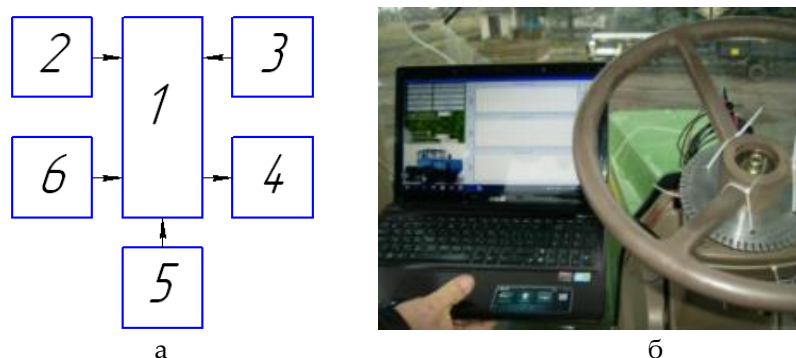


Рисунок 1. Структурна схема (а) і загальний вигляд вимірювального комплексу (б)  
1 – обчислювальний блок; 2, 3 – акселерометри ММА7260QT фірми Motorola; 4 – дисплей;  
5 – блок живлення; 6 – оптичний датчик, для визначення кутового прискорення рульового колеса

На рис. 2 наведено фрагмент сигналу від акселерометра (1) і після фільтрації фільтром Баттерворта (2), отриманим при попередній серії досліджень ТА.

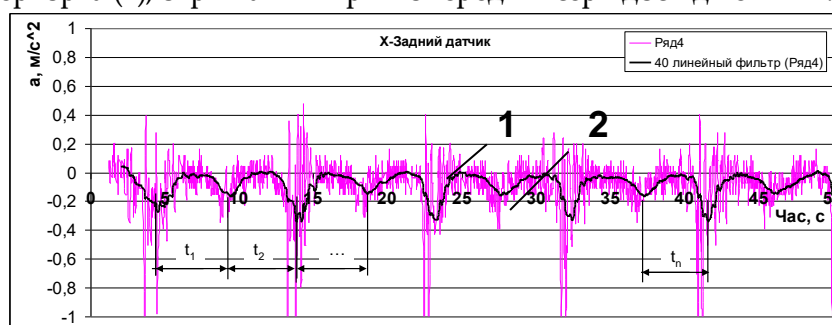


Рисунок 1. Перехідний процес прискорення  $a$  повороту трактора ХТЗ-17221 на місці  
 $t_n$  – час здійснення одного циклу; 1 – масив вимірних даних; 2 – відфільтрований сигнал

### Список літератури

1. Лебедев А.Т. Аналітична модель повороту трактора з шарнірно-зчленованою рамою / А.Т. Лебедев, Є.І. Калінін, М.Л. Шуляк, І.В. Колеснік // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2016. – Вип. 173 – С. 161 – 167.

Секція 8

«Технічне обслуговування, ремонт і  
відновлення машин і обладнання»

## ОСОБЛИВОСТІ І ПЕРСПЕКТИВИ ДІАГНОСТУВАННЯ ДВИГУНІВ ЕНЕРГОНАСИЧЕНИХ ТРАКТОРІВ

Корнієнко В.В.

**Науковий консультант:** к.т.н. Колеснік І.В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Діагностика та прогнозування ресурсу машин є найважливішими напрямками науково-технічного прогресу в підвищенні ефективності та надійності двигунів енергонасичених тракторів.

При перевірці 50 двигунів ЯМЗ-53625 тракторів К-424 середнє значення максимальної потужності виявилось нижче номінального на 10...15%. Основні причини – порушення в системі подачі палива і подачі повітря.

Спостерігається підвищений швидкісний режим двигуна, що обумовлює форсований знос. При перевірці методом спектрального аналізу виявлено, що понад 15% двигунів працюють з форсованим зносом. Ці приклади ще раз показують необхідність діагностичного контролю в експлуатації потужних двигунів. Особливості діагностування багатоциліндрових двигунів енергонасичених тракторів визначаються тим, що вони мають високу агрегатну потужність, відносно малу циліндричну потужність, високу вагу, складну конструкцію блоку циліндрів, перекриття робочих процесів та інше.

Однією з найважливіших проблем залишається проблема оперативного і прийняттого, з точки зору довговічності паливної апаратури, способу вимикання циліндрів. Тим часом, в багатоциліндрових двигунах необхідність оперативного вимикання циліндрів диктується не тільки вимогами методів визначення основних показників, але і вимогами найповнішого забезпечення обсягу діагностичної інформації, високої надійності показників технічного стану двигуна. Можливість вимикання циліндрів дозволяє визначити, наприклад, показники потужності та паливні показники груп циліндрів, або навіть окремих циліндрів, визначити віброакустичні показники вузлів і сполучень при зменшенні перешкод і ін. Слід відмітити, що діагностика швидкохідних двигунів розвивається на реалізації принципів безрозбірності, оперативності в технологічному процесі, універсальності методів і засобів, комплексності приладів, при цьому найважливішою вимогою є досягнення суттєвої економічної ефективності.

### Список літератури

1. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни: Підручник. – К.: Арістей, 2004. – 476 с

## ДО ОЦІНКИ РЕСУРСУ ТРАКТОРІВ МТЗ-920 ПІСЛЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ

Петров Р.М.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Калінін Є.І.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

З метою отримання достовірних результатів під спостереження були взяті 15 тракторів МТЗ-920, що працюють в одному районі і з ідентичними ґрунтово-кліматичними умовами та були поставлені такі завдання: визначити післяремонтний ресурс тракторів і визначити умови експлуатації і їх вплив на ресурс.

Післяремонтний ресурс оцінювався шляхом періодичного обстеження працюючих тракторів два рази на місяць. Одночасно реєструвалися і відмови. Остаточний ресурс був отриманий при досягненні трактором граничного стану і відправки його на повторний капітальний ремонт.

Умови експлуатації оцінювалися за такими чинниками: організація і якість технічного обслуговування, яке в свою чергу залежить від місця проведення ТО, засобів обслуговування, складу фахівців, періодичності та повноти виконання операцій ТО; організація і якість усунення експлуатаційних відмов; характеристика операторів; зберігання і заправка паливно-мастильних матеріалів; зберігання тракторів; агротехніка полів. У тому випадку, якщо всі фактори виконуються на 100%, то експлуатаційна надійність буде дорівнювати 1. При недотриманні та порушенні правил експлуатації, недостатньо високої кваліфікації операторів, експлуатаційна надійність буде менше 1.

У розглянутих господарствах найкращі показники з експлуатаційної надійності мають трактори першої групи. Тут виконуються, або близькі до виконання, всі перераховані вище фактори і тому отримано найбільший середній післяремонтний ресурс – 3652 мотогодин.

**Таблиця 1. Показники післяремонтного ресурсу тракторів МТЗ-920 в мотогодинах**

Група господарств	Післяремонтний ресурс тракторів	Середній ресурс по групі	Експлуатаційна надійність
Перша	3917, 3818, 3734, 3457, 3319	3652	0,75
Друга	3213, 3115, 3013, 2881, 2843	3013	0,635
Третя	2489, 2485, 2431, 2126, 1859	2278	0,56-0,62

### Список літератури

1. Курочкин, И. М. Эксплуатация машинно-тракторного парка: учебное пособие / И. М. Курочкин ; Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов : ТГТУ, 1996. – 200 с

## ПРОБЛЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ МАШИН ПО ТЕХНІЧНОМУ СТАНУ

Котець О.Ю.

**Науковий консультант:** к.т.н., Колеснік І.В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

В останні роки в зв'язку з ускладненням конструкцій і розширенням масштабів застосування машин, а також більш високими вимогами, що пред'являються до ефективності їх використання, питанням вдосконалення методів технічного обслуговування і ремонту техніки приділяється велика увага.

В літературі все частіше з'являються матеріали, які свідчать про недостатню ефективність застосовуваної протягом багатьох років традиційної системи планово-попереджувального обслуговування і ремонту машин. Окремі автори виступають з пропозиціями про проведення регламентних робіт і ремонту машин не за встановленими термінами (наробітком), а за результатами їх технічної діагностики. У ряді галузей сільського господарства в цій області досягнуто значних успіхів. Сучасний рівень і перспективи розвитку засобів технічної діагностики, дефектоскопії і автоматизованого контролю відкривають реальні можливості застосування в недалекому майбутньому методів технічного обслуговування і ремонту машин за технічним станом в широких масштабах.

Система технічного обслуговування і ремонту машин базується на таких основних принципах: попередженні відмов, плановості профілактичних заходів і відповідності процесу технічної експлуатації машини процесу зміни її технічного стану.

Перший принцип реалізується шляхом створення конструкцій підвищеної живучості за рахунок різних видів резервування, призначення попереджувальних допусків, вибору необхідних методів і засобів контролю технічного стану об'єктів експлуатації.

Другий принцип відповідає характеру сільського господарства з витікаючими звідси можливостями підвищення ефективності і якості виконання робіт та їх організації.

Третій принцип – відповідність процесу технічної експлуатації об'єкта процесу зміни його технічного стану – визначає техніко-економічну ефективність застосовуваної системи обслуговування і ремонту.

### Список літератури

1. Технічна експлуатація та надійність [Текст] / Є.Ю. Форнальчик, М.С. Оліскевич, О.Л. Мاستикаш, Р.А. Пельо. – Львів : Афіша, 2004. – 125 с.



## ВІДНОВЛЕННЯ ПРЕЦИЗІЙНИХ ДЕТАЛЕЙ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Мальцев В.М.

**Науковий консультант:** к.е.н., доцент Колпаченко Н.М.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Велика частина сільськогосподарської техніки оснащена дизельними двигунами, надійність і економічність яких значною мірою визначається технічним станом деталей паливної апаратури і насамперед її плунжерних пар. На практиці через низький рівень технічного обслуговування і недотримання експлуатаційних вимог до паливної апаратури, плунжерні пари часто зазнають передчасного зносу. Висока вартість матеріалу, високі вимоги їх виготовлення і характер зношування, обумовлюють необхідність відновлення плунжерних пар, що безсумнівно забезпечить значну економію засобів і сировини. Застосовувані на ремонтних підприємствах методи відновлення зношених плунжерних пар не одержали широкого поширення через цілий ряд недоліків і, насамперед, через високу собівартість і технологічні труднощі. У роботі це актуальне завдання вирішене шляхом розробки нового технологічного процесу відновлення і зміцнення деталей з використанням методу низькотемпературного сульфохромування.

*Ціль роботи* - підвищення міцностних характеристик і збільшення ресурсу деталей плунжерних пар паливних насосів дизельних двигунів в умовах АПК шляхом розробки технологічного процесу відновлення і зміцнення даних деталей з використанням методу низькотемпературного сульфохромування.

*Об'єкт дослідження* - технологічний процес відновлення плунжерних пар паливних насосів високого тиску дизельних двигунів з використанням методу низькотемпературного сульфохромування.

*Предмет дослідження* - плунжерні пари паливного насоса дизельного двигуна ЯМЗ, виготовлені зі сталі 25Х5МА.

*Методи досліджень.* Теоретичне дослідження включало обґрунтування можливості відновлення і зміцнення плунжерних пар паливних насосів низькотемпературним сульфохромуванням, вибір необхідного устаткування і матеріалів для нанесення покриттів, вибір властивостей покриттів які підлягають контролю і устаткування для контролю цих властивостей.

*Практична цінність роботи.* На підставі проведених досліджень- розроблений технологічний процес відновлення плунжерних пар паливних насосів дизельних двигунів з використанням методу низькотемпературного сульфохромування в хімічно активній ванні.

Результати досліджень показують, що ресурс відновлених плунжерних пар паливних насосів дизельних двигунів вище на 30...50 % ніж серійних.

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. "Агроосвіта", 2014 – 665 с.

## ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ВАЛ» ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОЮ ПРИВАРКОЮ ДРОТУ

Думчиков В.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Аветісян В.К.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Використання традиційних технологій дугового наплавлення для відновлення зношених автотракторних деталей, не дозволяє досягти належного рівня якості ремонту або приводить до занадто високої собівартості відновлених деталей. Застосування технологій плазмового і лазерного наплавлення, через значну собівартість ремонту, економічно доцільно тільки для відновлення дорогих деталей, наприклад, великогабаритних валів. Однак такі деталі працюють, як правило, в умовах знакозмінних навантажень і до моменту відновлення запас їх втомної міцності буває найчастіше вичерпаний, що виключає можливість їх ремонту. Застосування цих технологій може бути виправдане у випадку відновлення великої серії однотипних деталей з однаковими ступенями зношування, що рідко зустрічається в практиці підприємств з ремонту сільськогосподарської техніки.

Останнім часом особливе значення набувають ресурсозберігаючі технології, реалізовані без істотного збільшення матеріальних витрат. Це повною мірою відноситься і до технологій відновлення зношених автотракторних деталей. Однією із перспективних, ефективних технологій відновлення деталей залишається електроконтактна приварка (ЕКП) металевих шару (стрічки, дроту, порошкових матеріалів). Позитивними властивостями ЕКП є: мале нагрівання деталі, відсутність вигоряння легуючих елементів, мінімальний припуск на наступну механічну обробку наплавленого металу, можливість наплавлення сталевих стрічки, дроту і металевих порошків, зменшення витрати металу (у порівнянні з вибродуговою наплавкою) в 2...4 рази, сприятливі санітарні умови роботи оператора. Найпоширеніше – відновлення зношених валів сільськогосподарського призначення контактною приваркою сталевих стрічок і напиканням металевих порошків. Найбільше ж доступним, дешевим, недефіцитним видом присадочного матеріалу є сталеві дроти. Промисловістю випускається дуже широка номенклатура вуглецевих і легованих присадочних дротів.

*Ціль роботи:* Підвищення експлуатаційних властивостей деталей типу «вал» удосконаленням технології відновлення деталей електроконтактним наплавленням дротом.

*Об'єкт дослідження:* Технологічний процес відновлення зношених поверхонь автотракторних деталей типу «вал» електроконтактним наплавленням дроту.

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. "Агроосвіта", 2014 – 665 с.

## ОБОСНОВАНИЯ СПОСОБА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСТЕЛЕЙ БЛОКА ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЯ КАМАЗ-740.10

Бильк И.С.

**Научный консультант:** доцент Сыромятников П.С.

*Харковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенка*

*г. Харьков, Украина*

Двигатель КамАЗ 740.10 устанавливается на автомобили КАМАЗ моделей КАМАЗ 5410, КАМАЗ 54112, КАМАЗ 5320, КАМАЗ 55102, КАМАЗ 5511. Мощность такого двигателя КАМАЗ около 210 л.с.

Одним из главных недостатков в процессе эксплуатации двигателя КамАЗ 740.10 является появление дефектов на коренных опорах блока. Блок цилиндров является основной корпусной деталью двигателя КамАЗ и представляет собой отливку из чугуна СЧ25 ГОСТ 1412-85. Не устранённые вовремя деформации коренных опор под подшипники коленчатого вала приводят к отклонениям перпендикулярности оси цилиндров к оси коренных опор, увеличению овальности зеркала гильзы, и появляется несоосность, нарушается геометрия ухудшается теплоотвод в сопряжении «опора – подшипник коленчатого вала» и т.д. [1].

В результате происходит повышенный износ поршневых колец, юбок поршня, цилиндров, выплавление вкладышей и их «проворот» в коренных опорах, критический прогиб и разрушение коленчатого вала [2].

На сегодняшний день существует много различных технологий восстановления постелей блока. При первом капитальном ремонте обычно применяют технологию растачивания на ремонтный размер [3-6]. Расточка блока цилиндров под вкладыши коренных подшипников производится в сборе с крышками, поэтому крышки коренных подшипников не взаимозаменяемы и устанавливаются в строго определенном положении.

Ресурс дизелей определяется, в основном, износом кривошипно-шатунного механизма и цилиндро-поршневой группы. По этим причинам, дизели КамАЗ-740.10 направляются на капитальный ремонт в 78% случаев, из них на износ подшипников коленчатого вала приходится 43%, а на износ цилиндро-поршневой группы - 35%.

Межремонтный ресурс двигателей с не восстановленными параметрами коренных опор и посадочных поясков составляет 20...40% от ресурса нового двигателя. Если при этом несоосность коренных опор на длине 100 мм составляет 0,06 мм, то динамическая нагрузка на коленчатый вал увеличивается в 1,8 раза, а интенсивность изнашивания коренных вкладышей в 4 раза.

Метод расточки блока очень простой, но в то же время занимает большое количество времени на установку самого блока, наладку оборудования, выставление резцов и др.

Технологии восстановления постелей на номинальный размер.

1. Электроискровая наплавка (ЭИН). Технология основана на использовании электрических разрядов между электродами в газовой среде. Применяемое оборудование: ЭФИ-46А, 23М, 25М. В настоящее время применяют полимерные материалы, которые выполняют требования по точности и качеству покрытия повышают износостойкость. Недостатком данного метода заключается в ограничении толщины наносимой полимерной пленки из-за ее технологической усадки в процессе полимеризации.

2. При износах от 0,1 до 0,5 мм – холодное газодинамическое напыление. Метод ХГДН основан на эффекте образования прочного металлического слоя при взаимодействии двухфазного сверхзвукового потока с поверхностью. Частицы порошка металла (или смеси металлов с корундом) находящиеся в твердом состоянии, ускоряются потоком воздуха до скоростей 400-700 м/с и направляются на подложку. При этом температура переносимых частиц как правило, не превышает 100 °С.

Этот метод лишен многих недостатков высокотемпературных плазменных методов и имеет следующие достоинства:

- частицы переносятся в “холодном” состоянии со скоростями переноса до 700 м/с;
- разогрев частиц происходит за счет преобразования кинетической энергии в тепловую в процессе взаимодействия с поверхностью, т.е. непосредственно при формировании покрытия;
- возможность получать покрытия, полностью адекватные по составу напыляемому порошку;
- отсутствие видимого термического воздействия на материал подложки, не приводящей к деформации изделия (температура подложки в процессе напыления не превышает 150 оС;

3. При износах более 0,5 мм - полуавтоматическая наплавка проволокой ПАНЧ-11.

Весьма эффективный способ «холодной» (без подогрева) сварки чугунных деталей самозащитной проволокой сплошного сечения ПАНЧ-11. Этот способ сварки не требует применения защитного газа, так как в состав проволоки введены специальные элементы, предотвращающие окисление сварочной ванны и способствующие формированию плотного слоя.

Для сварки можно использовать любые шланговые полуавтоматы, подающие проволоку диаметром от 1 до 1,6 мм, А-547, А-547У, А-825 и др. в комплекте с выпрямителями ВС-200, ВС-300 или сварочными преобразователями с жесткой характеристикой.

Наплавленный металл хорошо обрабатывается режущим инструментом, отсутствует коробление детали, не создаются значимые внутренние напряжения.

Несмотря на большие преимущества полуавтоматической сварки проволокой ПАНЧ-11, применение этого способа при восстановлении чугуновых деталей пока ограничено из-за сравнительно высокой стоимости проволоки.

4. Установка дополнительной детали на опору. Восстановление постели основано на использовании вкладышей или чугунный лент большего диаметра, устанавливается методом приклёпывания к опоре, с последующим растачиванием под номинальный размер  $100+0,02$ мм, а диаметр опоры при этом равен  $103,50+0,025$  мм. Простота технологии с наименьшими затратами материальных средств, меньше затрат по времени, но при этом обеспечивается малый ресурс и низкая износостойкость восстановленной поверхности.

В современных условиях наиболее эффективной можно считать технологию восстановления коренных постелей, основанную на электроискровой обработке, применяя при этом полимерные материалы, которые выполняют требования по точности, повышают износостойкость, есть возможность наносить слой от 0,1 до 0,5мм. Покрытие, нанесённое на восстанавливаемую поверхность деталей, имеет прочную связь с основным материалом.

#### Выводы

Анализ результатов микрометражных исследований технического состояния блоков цилиндров двигателей КАМАЗ-740 различных модификаций, поступивших в ремонт, позволил установить, что при проведении капитального ремонта необходимо восстанавливать до 98% блоков цилиндров, при этом:

- износ отверстий коренных опор имеет как положительное, так и отрицательное значение и колеблется в пределах от -0,12 до + 0,11 мм, Наличие отрицательного износа объясняется процессом фреттинг коррозионного изнашивания привалочных поверхностей блока и крышки;

- у аварийных блоков с провернутыми вкладышами износ отверстий коренных опор достигает 1.2 мм, при этом данный дефект характерен для третьей и пятой опор, что объясняется более высокими нагрузками, действующими на них;

- до 90% блоков цилиндров имеют овальность, конусность и несоосность отверстий коренных опор выше допустимой величины (более 0,025 мм);

Анализ современных технологий показал, что в настоящее время существуют различные технологические процессы восстановления изношенных постелей чугуновых блоков цилиндров двигателей внутреннего сгорания,

обеспечивающие высокую долговечность, при этом наиболее эффективной можно считать технологию восстановления, основанную на электроискровой обработке.

#### Список литературы

1. Бурумкулов Ф.Х., Лялякин В.П., Иванов В.И. Определение полного ресурса блоков цилиндров автотракторных двигателей.- Техника в сельском хозяйстве, 2005, № 4.- С.30 -34.

2. Сумець О.М. Класифікація деталей вузлів і агрегатів автотранспортних засобів / О.М. Сумець, П.С. Сиром'ятніков // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Випуск 110 «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві». – Х. : ХНТУСГ, 2011. –С. 181–186.

3. Сідашенко О.І., Скобло Т.С., Тіхонов О.В., Власовець В.М., Аветісян В.К., Гончаренко О.О., Сайчук О.В., Сиром'ятніков П.С., Бантковський В.А., Рибалко І.М., Автухов А.К. Мартиненко О.Д., Маніло В.Л. Практикум з ремонту машин та обладнання. Методичні рекомендації та завдання щодо виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форми навчання – Х:ХНТУСГ, 2015 – 196 с.

4. Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Скобло Т.С., Мартиненко О.Д., Гончаренко О.О., Сайчук О.В., Аветісян В.К., Автухов А.К., Рибалко І.М., Сиром'ятніков П.С., Бантковський В.А., Маніло В.Л. Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1 / За ред. О.І. Сідашенко О.І., О.В.Тіхонова. Навчальний посібник. Харків: ТОВ «Пром-Арт». 2018, 416 с.

5. Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Скобло Т.С., Мартиненко О.Д., Гончаренко О.О., Сайчук О.В., Аветісян В.К., Автухов А.К., Рибалко І.М., Сиром'ятніков П.С., Бантковський В.А., Маніло В.Л. Практикум з ремонту машин. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Том 2 / За ред. О.І. Сідашенко О.І., О.В.Тіхонова. Навчальний посібник. Харків: ТОВ «Пром-Арт». 2018. 491с.

6. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; за ред. проф. О.І.Сідашенка, О.А.Науменка. – К.: Агро освіта, 2014. – 665 с. (Затверджено МОН України як підручник для студентів ВНЗ, які навчаються за напрямом підготовки «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» від 21.06.10 № 1/11 – 545) – надруковано у 2015 р.

## ВІДНОВЛЕННЯ ДИСКОВИХ СОШНИКІВ СІВАЛОК

Кондратенко М.А., Фисун С.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Новицький А.В.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України  
м. Київ, Україна*

Проведений аналіз ремонтного фонду показує, що дискові сошники зернових сівалок характеризуються низькою довговічністю [2]. Практика ремонтного виробництва показує, що ремонт дискового сошника зернової сівалки передбачає проведення цілого комплексу операцій: відновлення розміру зазору у місці сходження дисків, який забезпечує відповідність агротехнічним вимогам; заточування різальної крайки за зовнішнім діаметром; правлення зжолоблених дисків; наплавлення осей корпусу; складання та заклепування «ступиці» до диска; заміна вибракованих деталей на нові та кінцеве складання і фарбування.

Для зміцнення поверхні дисків сошників можуть застосовуватись наступні методи і способи: термічної обробки гартуванням з нагріванням струмами високої частоти; хіміко-термічної обробки; гальванічного хромування; газової цементації. Також для підвищення зносостійкості дисків відомі метод газополуменевого напилення та напилення з використанням кераміко-металічних порошків.

Заслуговує на увагу спосіб підвищення зносостійкості дисків сошника зернової сівалки шляхом контактного наварювання порошкових кераміко-металевих стрічок, який дозволяє підвищити зносостійкість дисків та покращити якість утворення борозен при посіві.

Перспективним при відновленні дисків є також спосіб поверхневого електроконтактного приварювання шихти зі сталі ШХ15, де для забезпечення самозагострення різальної крайки шихта приварюється з боку, який протилежний куту заточування.

Заслуговує на увагу ремонт дисків при їх деформуванні, зношуванні та жолобленні, який можна проводити в умовах ремонтних майстерень аграрних підприємств. Якщо жолоблення дисків по поверхні становить більше 3 мм, їх ремонтують в холодному стані на плиті. Зазвичай, так проводиться відновлення термічно необроблених дисків. На практиці, при зношуванні дисків сошників за діаметром виконують заточування їх різальної крайки.

Згідно технічних умов на ремонт, всі диски сівалки можуть бути наступних ремонтних розмірів: перший - діаметром  $342 \pm 2$  мм; другий -  $336 \pm 2$  мм, третій -  $328 \pm 2$  мм. Необхідно пам'ятати, що у зібраному сошнику всі диски

повинні бути одного ремонтного розміру з перекриттям леза не більше 4 мм, і прокручуватись від руки із зусиллям не більше 50 Н та не торкатись корпусу сошника.

Для випадку, коли зовнішній діаметр дисків не відповідає одному з трьох ремонтних розмірів, необхідно застосовувати інші методи ремонту, які б передбачали відновлення тієї частини, що зносилась. Якщо робочий діаметр диска сошника сівалки становить 325 мм, найбільш доцільними є способи відновлення, які передбачають застосування зварювання із коловим швом компенсуючого кільця для відновлення вказаного діаметра [1].

З метою компенсації розміру зношеної частини за діаметром, із сталюї смуги (сталь 65Г) виготовлялись сектори «ремонтного кільця». Для забезпечення необхідних фізико-механічних властивостей сектори підлягають термічній обробці, яка включає гартування та відпуск. Вказані операції дещо ускладнюють технологічний процес, підвищують собівартість відновлення дисків, але забезпечують якість ремонту.

З метою часткового зниження залишкових напружень, що виникають під час зварювання, а також запобігання утворенню холодних тріщин, диски після зварювання піддають високому відпуску.

Виходячи з представленого вище, очевидною є необхідність підвищення довговічності дискових сошників зернових сівалок шляхом впровадження у виробництво сучасних технологій їх зміцнення.

Потребують вивчення закономірності процесу та характеру зношування дискових сошників, технологій відновлення для різних умов ремонтно-обслуговуючої бази.

#### Список літератури

1. Назар І. Б. Ремонт дисків сошників зернової сівалки відновленням їх різальної крайки. Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». 2003, №33. С. 196–200.

2. Стоцький В.В., Новицький А.В. Характерні відмови дискових сошників сівалок. Збірник тез доповідей 69-ї Всеукраїнської наук.-практ. студ. конф. «Наукові здобутки студентів у дослідженнях технічних та біоенергетичних систем природокористування» (09–13 березня 2015 року). НДІ техніки, енергетики та інформатизації АПК НУБіП України. К., 2015. С. 305–306.



## УПРАВЛІННЯ ВІБРАЦІЙНИМ СТАНОМ РОБОТА В УМОВАХ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ

Нищеглод В. В.

**Науковий консультант:** ст. викл. Никифоров А. О.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

У статті розглядається клас завдань, пов'язаних з автоматизацією за допомогою роботів які виконують процеси механічної обробки, таких як шліфування, точіння, фрезерування і т.д. Велике розмаїття і складність фізико-механічних процесів [1, 2], у тому числі процесів термодинаміки в зоні контакту інструмента і оброблюваної поверхні, робить необхідним крім силового адаптування, яке реалізується за допомогою пружного підвісу інструмента, використовувати різні елементи штучного інтелекту [2]. Подібна необхідність пов'язана не тільки зі складністю моделей, але і з апріорної невизначеністю в широкому діапазоні режимів контактної взаємодії.

На практиці однією з найбільш складних проблем при обробці металу є виникнення регенеративних автоколивань (в англійській літературі «chattering») [2], які призводять до втрати стійкості процесу. Згідно з існуючими гіпотезам, причина виникнення таких автоколивань складається в формуванні самопідтримки коливального механізму в процесі стружкоутворення. Кінцева жорсткість інструмента обумовлює виникнення відносних переміщень інструменту і заготовки, що викликаються силами взаємодії, що в свою чергу може призводити до формування хвилястої поверхні різання при кожному новому проході різця. При цьому хвиляста поверхня, залишена на попередньому обороті заготовки, видаляється при наступному проході. Даний механізм призводить до формування хвиль з обох сторін стружки, товщина якої залежить від фазового зсуву між ними.

Представлені моделі, які описують спостереження на практиці в подібних системах явища, пов'язані з автоколиваннями, результати натурного експерименту, а також запропоновані методика розробки адаптивних систем керування технологічними процесами різання.

### Список літератури

1. Siddhpura M., Paurobally R. A review of chatter vibration research in turning // International Journal of Machine Tools and Manufacture. 2012. Vol. 61. P. 27-47.
2. Filippov A.V., Rubtsov V.E., Tarasov S.Yu., Podgornykh O. A., Shamarin N. N. Detecting transition to chatter mode in peakless tool turning by monitoring vibration and acoustic emission signals // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2018. Vol. 95. P. 157-169.

## УМОВИ РОБОТИ ТА ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛУ ПОРШНІВ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Грачов О.О.

**Науковий консультант:** доцент Бантковський В.А.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Поршень – це деталь, призначена для циклічного сприйняття тиску газів, що розширюються, і перетворення його в поступальний механічний рух, сприйманий кривошипно-шатунним механізмом (КШМ). Поршень служить для здійснення допоміжних тактів по очищенню й наповненню камери, випробовуючи при цьому не тільки інтенсивні змінні механічні (газові та інерційні сили) і теплові (циклічна зміна температури поршня) навантаження, але і сили тертя. Під час роботи двигуна істотний вплив на поршень виявляє зусилля стислих газів на такті стиску газів, що і розширюються, на такті згорання. Із загальної кількості тепла, що відводиться від поршня, приблизно через поршневі кільця в охолоджувану стінку гільзи циліндра відводиться 60...70 %, через юбку – 20...30% і 5...10% тепла відводиться у внутрішній простір поршня або через поршневий палець передається на шатун, розсіюючись у внутрішньому просторі картера двигуна. Оскільки поршень під час роботи двигуна переміщується з великою швидкістю, то підвести охолоджуючу рідину, що циркулює в системі охолодження до поршня, неможливо. Тому необхідно сконструювати поршень і поршневі кільця так, щоб зайве тепло передавалося через поршневі кільця та юбку до стінок циліндра двигуна.

При зворотно-поступальному русі поршня виникають значні сили інерції. Інерція – ця фізична властивість тіла, що змушує нерухоме тіло залишатися нерухомим, а тіло, що рухається, – продовжувати рухатися. Для зменшення сил інерції, що виникають внаслідок безупинно мінливої швидкості руху, його маса повинна бути якнайменша. Задовольнити ці суперечливі вимоги можна, додавши поршням раціональну форму і виготовивши їх з відповідних матеріалів. Тому, щоб поршень протистояв цим впливам, несуча здатність і експлуатаційні якості поршня значною мірою визначаються правильним вибором матеріалу. Матеріал повинен задовольняти наступним вимогам: низька щільність; висока теплопровідність; гарні міцнісні властивості при підвищених температурах; гарна зносостійкість навіть при високих температурах; зношування в області юбки і бобишек під поршневий палець звичайно незначний, але зношування канавок під поршневі кільця може обмежити ресурс ЦПП; коефіцієнт теплового розширення повинен якнайменше відрізнятися від відповідного значення для чавуну для зменшення зазору між поршнем і гільзою циліндра; матеріал повинен мати високу корозійну стійкість; використовуваний матеріал повинен мати мінімальну щільність; матеріал повинен бути дешевим і технологічним.

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. "Агроосвіта", 2014 – 665 с.

## ПОРИСТІ МАТЕРІАЛИ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОКРИТТІВ

Дудка В.В.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Тришевський О.І.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Одним зі способів збільшення довговічності і надійності ремонтованих деталей може слугувати одержання на поверхні пористих шарів, що мають підвищені антифрикційні властивості. Властивості, що визначають антифрикційність пористих шарів, спрямовані на збереження масляної плівки певної товщини під час роботи тертьової пари. Пористі матеріали мають гарне припрацювання, тому що сама пористість забезпечує додаткову в порівнянні з компактним матеріалом можливість приробітку шляхом вдавнення і переміщення окремих часток у суміжні пори.

Дослідження пористих матеріалів на тертя показують, що вони мають самозмащення, гарне припрацювання, мають малий коефіцієнт тертя і забезпечують незначну температуру на поверхні тертя. Ефект самозмащення пористого матеріалу забезпечується змочуваністю і проявляється різко при підвищенні температури поверхні тертя за рахунок різного об'ємного розширення металевої основи, що перебуває в порях мастила. Надійність сполучень, що мають пористе покриття на валу, при роботі в умовах рідинного тертя вище, ніж для сполучень із компактних матеріалів.

Гарні результати по зносостійкості пористі матеріали показують в умовах динамічного навантаження. Випробування сполучень, що мають пористість на одній з поверхонь, показують, що зносостійкість їх набагато вища, ніж для сполучень компактних тіл того ж матеріалу. Зокрема, зносостійкість пористого заліза на 40...45% вище зносостійкості гладкого електролітичного заліза. При нанесенні пористого хрому на дзеркало циліндрів автомобільного двигуна зношування кілець знижується в 3...4 рази, зношування самих циліндрів – на 20...25%. Термін служби сполучень: «фаска клапана – гніздо головки блоку», «тарілка штовхача – кулачок розподільного валу» двигуна при наявності пористого металокерамічного покриття на клапані і тарілці штовхача підвищується в 1,3...1,4 рази проти серійних сполучень. Аналіз робіт, виконаних по відновленню рухливих сполучень із одержанням пористості на одній з поверхонь тертя, показує, що для різних умов роботи сполучень оптимальною є різна пористість.

### Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ. "Агроосвіта", 2014 – 665 с.
2. Разработка способа предварительного поверхностного упрочнения деталей при газо-термическом напылении [Текст] : сборник научных трудов / Т.С. Скобло, А.И. Сідашенко, О.И. Тришевский, А.В. Сайчук, Н.Г. Поздняков, И.О. Прокопенко // Вісник Харківського нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка / ХНТУСГ. - Х., 2011. - Вип. 110 : Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладн. у ремонтному вир-ві. - С. 93-98.

## HIGH POROSITY POLY(TETRAFLUOROETHYLENE) FOR WATER-FUEL EMULSION SEPARATION

Pchel'nik N.O.

**Scientific advisor:** Ph. D. Kaliuzhnyi O.B.

*Kharkiv National Technical University of Agriculture named of Vasilenko*

*Technology of Materials Department*

*Kharkov, Ukraine*

High-porosity poly(tetrafluoroethylene) (PTFE) was used to separate water-fuel emulsions, because it has the least surface energy defining the material wettability and adhesion ability. At the same time, PTFE, due to its high plasticity, makes it possible to obtain controllable porous structures with parameters varying within wide ranges.

The PTFE porous materials were prepared using two methods. (1) The material was prepared from rigid dispersed particles of heat-treated polymer by its compacting followed by sintering. As a result, the wide-porous PTFE sample (BP) was obtained shaped as a 140 mm high hollow cylinder of outer diameter of 70 mm and inner one of 34 mm. (2) High-porous material was produced by mixing the dispersed porogen and polymer powder, performing the mixture, heat treatment and the porogen leaching. NaCl was used as the porogen [1, 2]. Using this technique, high porosity teflon samples of two types were obtained, namely, wide-porous (WP) and thin-porous (TP). To obtain the TP material, NaCl was ground in a ball mill. Data on the PFA particle size distribution were obtained using grain size analysis with screen mesh size of 2.00 to 0.040 mm; the results are presented in Table 1. The porous materials structures are shown on fig 1.

**Table 1. Poro-forming additive composition**

Particle size In fractions, mm	Poro-forming additive NaCl			
	WP		TP	
	g	%	g	%
over 2000	15,6	1,56	-	-
2000-1000	365,5	36,73	-	-
1000-500	195,6	19,65	-	-
500-355	141	14,17	-	-
355-140	254,3	25,55	5,64	0,83
140-70	23	2,311	338,58	49,77
70-40	-	-	191,64	28,17
Less then 40	-	-	144,42	21,23
Total	995	100	680,28	100,0

Using a computer-aided simulation [2], optimum porosity characteristics providing high permeability and mechanical strength of porous materials have been determined.

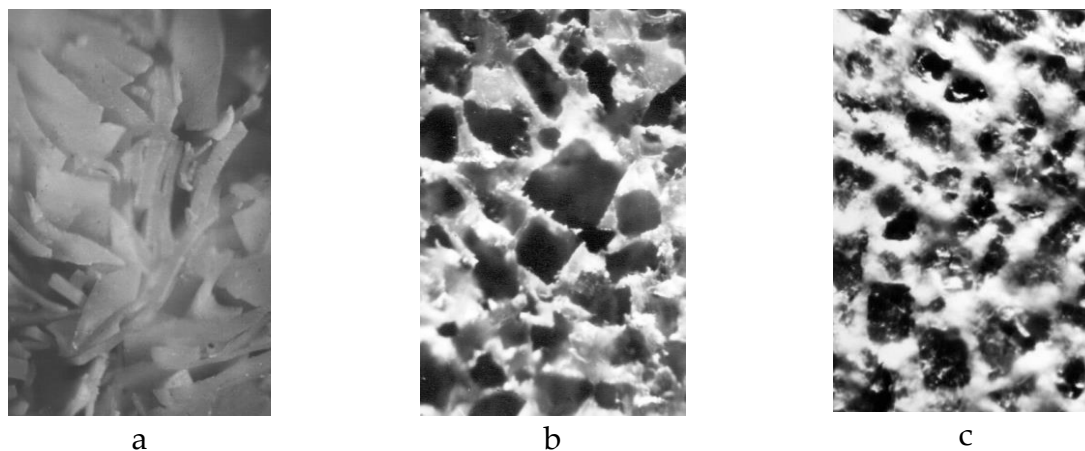


Fig 1. Structure of high-porosity PTFE of three types: BP(a), WP (b), TP (c). x40

The porosity ( $\Pi$ ) was determined from the density ratio of the compact porous materials. The mean pore diameter was determined as  $d_m = 4\sigma\cos\theta/\rho g\Delta P \cdot 10^5$  where  $\sigma$  is the surface tension of penetrating liquid, N/m;  $\theta$ , wetting angle, deg;  $\rho$ , density of liquid used in differential manometer;  $\Delta P$ , pressure drop in the high porosity material corresponding to the mass tightness loss and measured by differential manometer, mm H<sub>2</sub>O;  $g$ , gravitational acceleration, m/s<sup>2</sup>. The pore winding coefficient ( $K_{win} = l_p/l$ , where  $l_p$  is the pore length;  $l$ , the porous polymer layer thickness) was measured using the relative electric resistance method. Data on the structure parameters of high-porosity PTFE are presented in Table2.

Table 2. Structure parameters of high-porosity PTFE

Characteristics	Porous material type		
	BP	WP	TP
Volume porosity, p.c.	48	74	68
Mean diameter of interpore channels, $\mu\text{m}$	81	86	22
Pore winding coefficient	1,1	1,32	2,12

A water-fuel emulsion was pumped through high porosity materials of BP, TP, and WP types shaped as hollow cylinders with wall thickness ( $h$ ) 7, 11, and 18 mm. The emulsion samples were taken prior to and after passage through the porous element. The turbidity of the fuel passed through the BP material of the maximum layer thickness (18 mm) remained essentially unchanged, that is, no water separation took place. In contrast, high porosity teflon materials obtained using the PFA separate the water-fuel emulsion, the separation efficiency ( $\eta$ ) being different for WP and TP materials and increasing with the layer thickness. The water separation efficiency was determined as  $\eta = [(Q_1 - Q_2)/Q_2]100\%$  where  $Q_1$  and  $Q_2$  is the water concentration in the fuel samples taken before and after filtration, respectively.

#### References

1. Kalyuzhny A.B., Karpova T.L., Kalyuzhny B.G., Platkov V.Ya. Structure and functional properties of high-porosity material based on Fluoroplast-4 // Functional Materials. - 1999. - V. 6, №2. - pp. 25-30.
2. Kalyuzhny A.B., Platkov V.Ya. Structure of porous materials and their permeability: determination by computer-aided simulation // Functional Materials. - 2001. - V. 8, №1. - pp. 90-93.

Секція 9

«Техніко-експлуатаційні параметри  
транспортних засобів»

## ОСОБЛИВОСТІ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ В РЕЖИМІ «ОНЛАЙН»

Соколік С.П.

*Сумський національний аграрний університет*

*м. Суми, Україна*

Найважливіший компонент системи точного землеробства - використання спеціальних сканерів і сенсорів для оцінки стану посівів, подальшого диференційованого внесення добрив і засобів хімічного захисту рослин (пестицидів) в залежності від стану культурних рослин, наявності бур'янів на окремих ділянках поля. Диференційоване внесення мінеральних добрив - один з найважливіших економічних і екологічних аспектів точного землеробства. Застосування даної технології і обладнання дозволяє значно скоротити витрати на добрива, тобто вносити їх в залежності від потреби культурних рослин, а також забезпечує оптимальний вміст поживних речовин в ґрунті [1].

В цілому технологію диференційованого внесення можна розділити на два конкуруючих процесних підходи: «оффлайн» і «онлайн».

У першому випадку норми внесення по кожній ділянці поля визначаються заздалегідь, і техніка працює за вже введеною програмою з усіма розрахунками. Це передбачає всебічну аналітику і складання карт-завдань.

Режим реального часу (онлайн) передбачає попереднє проведення калібрування безпосередньо на посівах перед виконанням операції, а доза добрив визначається під час роботи агрегату при його русі по полю.

Калібрування в даному випадку - це кількісна залежність дози добрива від показань датчика, встановленого на сільськогосподарській техніці, яка виконує операцію. В режимі онлайн бортовий комп'ютер отримує дані від датчика, порівнює їх з визначеними і записаними в пам'ять значеннями, отриманими під час калібрування, і посилає сигнал на контролер по тій же схемі, що і в режимі офлайн. В даний час активно ведуться розробки різних датчиків, що дозволяють використовувати режим онлайн. Це оптичні датчики, що працюють в діапазонах різних довжин хвиль, що визначають вміст азоту в листках, засміченість посівів, а також розвиток хвороб посівів[2].

Цей спосіб передбачає використання датчиків-спектрометрів (N-сенсор, GreenSeeker, CropSpec), які встановлюють на рухомому тракторі.

Сенсор випромінює світло на двох довжинах хвиль і вимірює відбиття від поверхні рослин. На основі отриманих даних обчислюються стандартизовані індекси відмінностей рослинного покриття, серед яких і найбільш відомий вегетаційний індекс NDVI.

Таким чином прискувач або розкидач орієнтується в дозуванні на дані, що надходять в режимі реального часу. Тобто на ходу визначає відхилення інтенсивності забарвлення листя (N-сенсор) або оцінює просторове варіювання стану посівів за індексом NDVI (GreenSeeker) і відповідно до отриманих даних регулює дозу внесених добрив і ЗЗР [3].

Основним плюсом регулювання внесення добрив в режимі онлайн (з урахуванням датчиків азоту) є відсутність необхідності складання карт. А тому така технологія може здатися більш привабливою для впровадження.

Однак багато спеціалістів радять обережно ставитися до роботи з підживлення рослин на підставі тільки онлайн-даних по біомасі, так як такий аналіз не враховує безліч уточнюючих факторів, які слід враховувати. Так, наприклад, ранньою весною під час проведення першого азотного підживлення зернових грунт ще вологий і умови для розвитку рослин оптимальні. А значить, показник біомаси сам по собі ні про що не скаже. Не маючи даних про рельєф і особливості цієї ділянки і вносячи підвищену норму азоту на ділянки поля з низьким потенціалом, користувачі цих пристроїв замість допомоги можуть нашкодити культурі [4].

Підвищена доза азоту стимулює кущення і нарощування вегетативної маси, а в більш пізні терміни, коли починають вступати в силу лімітуючі фактори, картина зміниться. І для рослин, розташованих на схилі, в низинах, на піщаних і інших проблемних ділянках, штучно збільшена вегетативна маса посилить дефіцит вологи і призведе до зниження врожайності. Не слід проводити перше і друге азотні підживлення, спираючись на онлайн-дані показники NDVI. При цьому не важливо, яким чином вони були отримані: з супутникових знімків або з датчиків.

Необхідно враховувати сукупність агроландшафтних даних в комплексі, що дозволить з'ясувати причину зниження біомаси та вже на основі точних знань про потенціал ділянок проводити диференціацію добрив.

На думку багатьох фахівців, результати диференційованого внесення на основі даних про інтенсивність забарвлення листя або про біомасу (NDVI), отримані в режимі реального часу, будуть більш точними на більш пізніх термінах підживлення. Тоді як у весняний період така робота принесе більше плутанини, ніж користі.

#### Список літератури

1. Тарасенко О. Диференційоване внесення добрив – інструмент реалізації даних аналізу ґрунту [Електронний ресурс] / О. Тарасенко // Агробізнес сьогодні. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/11724-dyferentsiiovane-vnesennia-dobryv-instrument-realizatsii-danykh-analizu-gruntu.html>.

2. Диференційоване внесення добрив: Основні етапи [Електронний ресурс] // АгроГео. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.agrogeo.com.ua/uk/diferencijovane-vnesennya-dobriv-osnovni-etapi>.

3. Преимущества дифференцированного внесения удобрений [Електронний ресурс] // Agroexpert. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://agroexpert.md/rus/agromenedzhment/preimushchestva-differentsirovannogo-vneseniya-udobreniy>.

4. Тарасенко О. Дифференцированное внесение удобрений: что, как, зачем и сколько? [Електронний ресурс] / О. Тарасенко // Agrilab. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.agrilab.ua/ru/dyferentsijovane-vnesennya-dobryv-shho-dlya-chogo-yak/>.



## ДО ВИЯВЛЕННЯ ЗАКОНІВ РОЗПОДІЛУ ЧАСУ ВІДНОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КАР'ЄРНИХ ЕКСКАВАТОРІВ

Петров Р.М.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Калінін Є.І.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

При дослідженні і оцінці ремонтпридатності кар'єрних екскаваторів важливо знайти закон розподілу часу заміни деталей останнього. Раніше робилися спроби апроксимації емпіричних рядів часу заміни [1], в яких ряди часу відновлення з різним ступенем точності описувалися логарифмічно-нормальним та експоненціальним законами, законами Вейбулла, Ерланга і в окремих випадках – нормальним законом. На підставі статистичних даних, зібраних на 17-ти розрізах виробничого об'єднання були отримані ряди часу відновлення деталей екскаваторів. На рис. 1 показані полігони розподілу емпіричних частот та теоретичні криві, що вирівнюють їх, для елементів екскаваторів, що найбільш часто відмовляють.

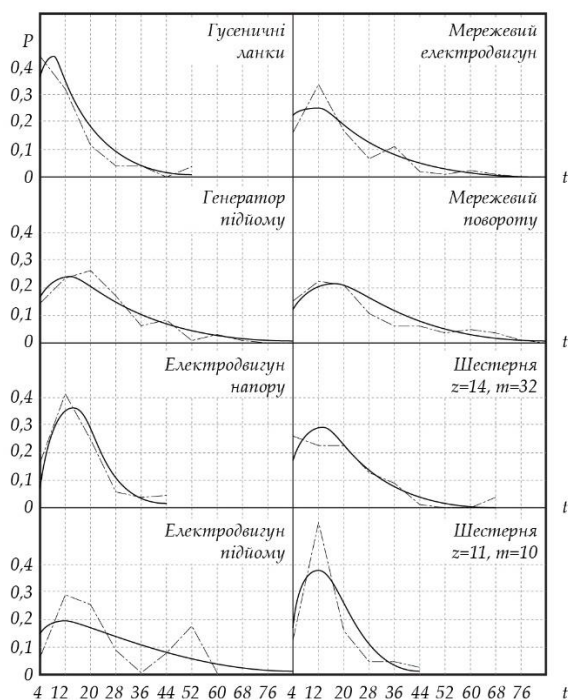


Рисунок 1. Полігони розподілу емпіричних частотей

По виду емпіричних графіків була запропонована гіпотеза про приналежність рядів часу відновлення гамма-розподілу. Ця гіпотеза була перевірена за критеріями Пірсона, Колмогорова і Романовського. Виявилося, що з 138 досліджених рядів 122 можуть бути описані гамма-розподілом, що становить

~90% всіх рядів. Значення емпіричних і теоретичних частотей потрапляння випадкових величин в розряди, значення  $\chi^2$ , числа ступенів свободи, величини ймовірностей Пірсона  $P_{\chi^2}$ , значення  $\lambda$  – критерію Колмогорова і  $R$  – Романовського наведені в табл. 1.

**Таблиця 1. Деякі значення емпіричних і теоретичних частотей потрапляння величин в розряди**

Середини розрядів	Гусеничні ланки	Мережевий електродвигун	Генератор підйому	Генератор повороту	Електродвигун напору	Електродвигун підйому
4	0,44/0,38	0,19/0,22	0,14/0,15	0,17/0,12	0,27/0,10	0,08/0,15
12	0,33/0,32	0,34/0,25	0,23/0,23	0,22/0,20	0,41/0,35	0,29/0,19
20	0,11/0,18	0,19/0,19	0,26/0,20	0,21/0,20	0,26/0,29	0,25/0,17
28	0,04/0,09	0,08/0,13	0,17/0,15	0,11/0,16	0,06/0,15	0,08/0,14
36	0,04/0,04	0,11/0,09	0,06/0,10	0,07/0,11	0,04/0,06	0,00/0,10
44	0,00/9,02	0,02/0,05	0,08/0,07	0,07/0,08	0,04/0,02	0,08/0,08
52	0,04/0,01	0,01/0,03	0,00/0,04	0,04/0,05	–	0,17/0,05
$\chi^2$	5,46	13,22	10,31	8,92	6,39	22,27
$r$	4	9	9	9	3	11
$P_{\chi^2}$	0,29	0,11	0,20	0,34	0,11	0,11
$\lambda$	0,36	0,56	0,39	0,69	0,88	0,55
$P_{\lambda}$	> 0,5	> 0,5	> 0,5	> 0,5	0,4	> 0,5
$R$	0,51	0,99	0,31	0,02	1,35	2,40

Таким чином, гіпотеза про приналежність переважної більшості досліджених рядів гамма-розподілу суперечить дослідним даним. В умовах впливу на час відновлення безлічі факторів, що діють далеко не однаково і варіюють в дуже широких межах, це цілком закономірно, оскільки гамма-розподіл не є стабільним законом. При різних значеннях параметрів  $\alpha$  і  $\beta$  гамма-розподіл може приймати вид експоненти, законів Вейбулла, Еранга і в границі (при збільшенні параметра  $\alpha$ ) є нормальним законом. Отже, ряди часу відновлення більшості деталей кар'єрних екскаваторів можуть бути описані гамма-розподілом з щільністю ймовірності

$$f(t) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} t^{\alpha-1} e^{-\beta t}, \quad (1)$$

де  $\Gamma(\alpha)$  – гамма-функція Ейлера.

#### Список літератури

1. Іванов В.І., Калінін Є.І., Дейнека Є.П., Скитин А.С. Підвищення надійності системи методом селекції її елементів. *Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ*, Вип. 163, 2015, С.142-146.

2. Калінін Є.І., Романченко В.М. Оцінка міцності при дії локального навантаження на попередньо напружену безмоментну оболонку. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*, №5, 2016, С. 167-172.

## ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ НАПОВНЕННЯ, ЗАЛИШКОВИХ ГАЗІВ І ПРОДУВАННЯ ПРИ СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАННЯХ ДИЗЕЛІВ З ТУРБОНАДДУВОМ

Ярмак І.І.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Манойло В.М.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Одним з методів визначення коефіцієнта наповнення, коефіцієнта продувки і коефіцієнта залишкових газів є хімічний аналіз газів. Для лабораторних випробувань двигунів він простий в порівнянні з застосуванням для цієї мети трасуючого газу, а також радіоактивних ізотопів («мічених» атомів).

Величини цих коефіцієнтів визначаються значеннями коефіцієнтів надлишку повітря в періоди стиснення, розширення і вихлопу робочого циклу двигуна. Для визначення коефіцієнта наповнення використовується загальновідомий зв'язок коефіцієнта надлишку повітря з годинною витратою палива і зарядом циліндра повітря.

При використанні методу газового аналізу, коефіцієнт продування двигуна може бути визначений як відношення сумарного коефіцієнта надлишку повітря, знайденого за допомогою аналізу вихлопних газів, до коефіцієнта надлишку повітря.

Точність коефіцієнтів надлишку повітря, визначених методом аналізу газу, в основному залежить від способу відбору газу в обраній частині робочого циклу двигуна.

Для цієї мети виготовлено і застосовується обладнання для порційного відбору газів, що дозволяє забирати газ в будь-якій частині циклу. Устаткування має значну універсальність і, з деякими змінами приводу насоса, може бути встановлено практично на будь-який з існуючих тракторних двигунів. Устаткування складається з двох основних вузлів: одноплунжерний паливний насос і газовідбірник.

Газовідбірник, зображений на рис. 1, з гідравлічним приводом клапана, складається з трьох основних вузлів: форсунки, газовідбірного клапана з системою охолодження і відведення газів, і пристрою для відведення палива, впрыскуваного форсункою. Голка розпилювача форсунки за допомогою штанги і штовхача безпосередньо пов'язана з газовідбірним клапаном. В момент підйому голки розпилювача відбувається відкриття відвідного каналу кожуха і газ через вказаний канал і штуцер надходить в газоаналізатор.

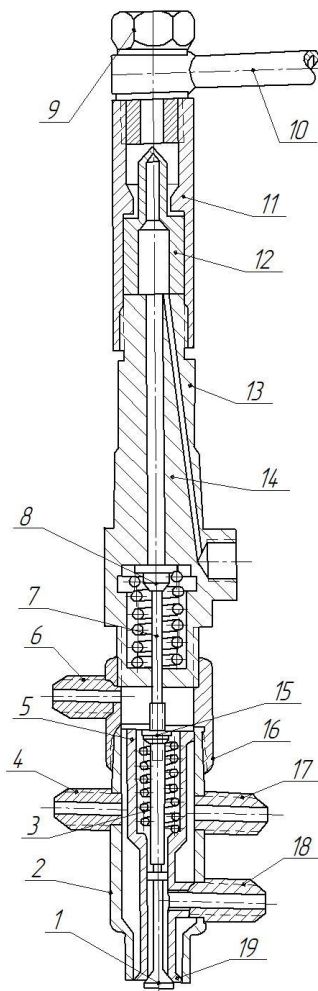
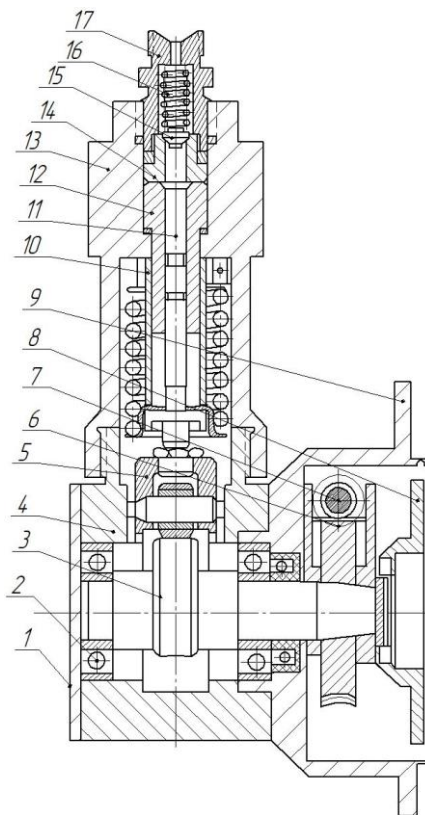


Рисунок 1. Газовідбірник з гідравлічним приводом

- 1 – газовідбірний клапан; 2 – зовнішній кожух сорочки охолодження клапана;  
3 – пружина клапана; 4, 6, 17 і 18 – штуцери; 5 – шайба; 7 – штовхач; 8 – пружина форсунки;  
9 – гвинт; 10 – зливна трубка; 11 – перехідник; 12 – розпилювач форсунки; 13 – корпус форсунки;  
14 – штанга; 15 – регулювальний гвинт форсунки; 16 – перехідна гайка;  
19 – внутрішній кожух сорочки охолодження клапана

Злив палива, впорскуваного форсункою, здійснюється за допомогою гвинта і зливної труби. Паливо, що просочилося через зазор між голкою і корпусом розпилювача, відводиться штуцером. Охолодження клапана здійснюється проточною водою, що підводиться і відводиться з системи охолодження штуцерами. Посадка газовідбірного клапана в гніздо здійснюється за допомогою пружини.

Паливний насос (рис. 2) виконаний з використанням серійних вузлів і деталей паливного насоса високого тиску конструкції ЯМЗ.



**Рисунок 2. Паливний одноплунжерний насос**

- 1 – кришка; 2 – підшипник; 3 – кулачковий вал; 4 – картер насоса; 5 – штовхач;  
6 – черв'ячне колесо; 7 – черв'як; 8 – приводний фланець; 9 – зав'язаний фланець;  
10 – втулка повороту плунжера; 11 – плунжер; 12 – втулка плунжера; 13 – корпус насоса;  
14 – корпус зворотного клапана; 15 – зворотний клапан; 16 – пружина зворотного клапана;  
17 – штуцер;

Включення черв'ячної передачі з великим передавальним числом в систему приводу кулачкового валу паливного насоса дозволяє плавно змінювати момент подачі палива плунжерною парою в діапазоні 360 градусів. Насос складається з картера, в якому на двох підшипниках встановлюється кулачковий вал. На одному кінці кулачкового валу закріплюється черв'ячне колесо, що входить в зачеплення з черв'яком. За допомогою жорсткої рамки і шліців черв'як з'єднується з приводом основного насоса фланцем. Подача палива здійснюється за допомогою плунжера, втулки плунжера, зворотного клапана в зборі і штуцера. Вмикання і вимикання подачі здійснюється поворотом плунжера за допомогою втулки.

#### Список літератури

1. А.П. Сырбаков. Диагностика и техническое обслуживание: учебное пособие / А.П. Сырбаков, М.А. Корчуганова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 220 с.

## ВИМІРЮВАННЯ ДІЙСНОЇ ШВИДКОСТІ РУХУ МАШИН

Холод Р. В.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Антощенко Р. В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Проблема створення вимірювальних систем параметрів функціонування мобільних машин сільськогосподарського призначення з'явилася практично одночасно зі створенням трактора. Спочатку вимірювальні системи були призначені для підвищення експлуатаційних якостей машинно-тракторних агрегатів та базувались в основному на механічних лічильно-обчислювальних елементах. Недостатня точність даних пристроїв не дозволяє ефективно їх використовувати на тракторах при підвищених швидкостях руху [1].

Вимірювання дійсної швидкості є імпульсним. Однак датчики для цього мають набагато більш складну конструкцію. В основному застосовуються радарні датчики, що представляють собою комбінацію з випромінювача вузького пучка радіохвиль мікрохвильового діапазону і приймача відображення цього пучка від землі (внаслідок нерівностей ґрунту відбитий сигнал є розсіяним, але частина його відбивається по осі випромінювання). Датчики встановлюються під кутом до поверхні ґрунту. В результаті руху трактора і датчика щодо ґрунту і завдяки доплерівського ефекту частота прийнятого відбитого сигналу відрізняється від частоти первинного випромінювання. З цієї різниці частот в датчику формуються імпульси, частота яких пропорційна швидкості руху.

В основному застосовують датчики, в яких використовуються випромінювачі, об'єднані з приймачами відбитого сигналу і мають форму конічного рупора. У вітчизняній розробці, виконаній спільно з болгарськими фахівцями, використано випромінювання з частотою 10,5 ГГц (довжина хвилі близько 3 см), що при установці під кутом 44° до опорної поверхні забезпечує формування імпульсів з частотою 50 Гц при швидкості 1 м / с (рис. 1). На зарубіжних тракторах найбільш поширеними є датчики фірми "Дікі-Джон" (США) з частотою випромінювання 24,125 ГГц (довжина хвилі близько 12 мм), які при установці під кутом 38° дають частоту імпульсів 130 Гц на 1 м/с (рис. 2) [2].

Імпульсний вимір може мати різновид, характерний тим, що інформацію про вимірюваний параметр несе ширина (тривалість) імпульсу. Таким чином, наприклад, контролюється впорскування палива в дизельному двигуні по тривалості перебування голки форсунки в піднятому положенні, по тривалості наявності тиску в трубопроводі перед форсункою та ін.



Рисунок. 1. Радарний доплерівський датчик дійсної швидкості з частотою випромінювання 10,5 ГГц

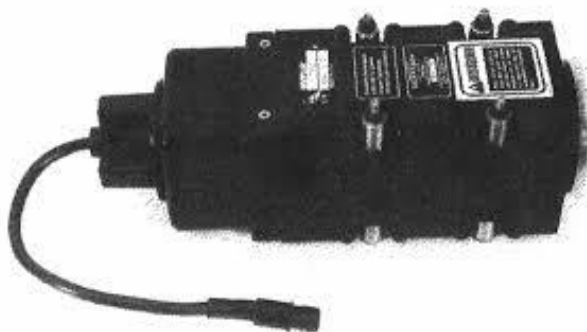


Рисунок. 2. Радарний доплерівський датчик дійсної швидкості фірми «Дікі-Джон» (США)

Останнім часом почали застосовуватися датчики, забезпечені вбудованими перетворювачами, що перетворюють отриманий електричний сигнал в повідомлення, яке має вигляд деякої кодової (цифровий) комбінації, придатної для безпосереднього введення в блок обробки інформації (контролер). Такі датчики називають цифровими, а в деяких джерелах - інтелектуальними.

Спільною особливістю конструкції таких датчиків є їх виконання у вигляді нерозбірними (як правило) конструкції. Для знімання електричного сигналу вони забезпечуються приєднувальними елементами у вигляді роз'ємів або штекерів. У деяких випадках з метою підвищення надійності електричного з'єднання ці елементи встановлюються не на корпусі датчика, а на кінці відрізка кабелю, закріпленого в корпус.

#### Список літератури

1. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоеlementних машинно-тракторних агрегатів: монографія. Х.: ХНТУСГ. «Міськдрук», 2017. 244 с.
2. Шипилевский Г. Б. Электронное оборудование тракторов. Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение». М.: МГТУ «МАМИ», 2005. 24 с.

## ЗНИЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ СИЛОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ТРАКТОРА ЗА РАХУНОК ЗМІНИ КРУТИЛЬНОЇ ЖОРСТКОСТІ РЕАКТИВНОГО ЛАНЦЮГУ

Абалмасов О.О.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Калінін Є.І.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

В даний час, у зв'язку з тривало діючої тенденцією в світовому тракторобудуванні, кожне нове покоління машин має відрізнятися від попередників більшою енергооснащеністю і універсальністю. Цим забезпечується їх більш висока продуктивність і можливість механізації виконання все більшої кількості робіт за допомогою однієї машини. Але досягнення цих більш високих показників супроводжується рядом проблем, які необхідно враховувати розробникам машин і намагатися по можливості вирішувати їх на стадії проектування.

Огляд робіт сучасних авторів свідчить про те, що для аналізу динаміки трансмісії ними використовуються моделі, які з різним ступенем описують силову передачу, від «маломасових» до «багатомасових». На ранніх етапах розрахункового аналізу динаміки силової передачі дослідниками створювалися двомасові динамічні моделі машин, де одну масу становили двигун і трансмісія, іншу – ходова система, та остов, що рухається поступально. Жорсткість пружного зв'язку між масами представляла собою приведену жорсткість всього силового валопроводу. Адекватність динамічних властивостей подібної моделі властивостям реальної силової передачі була невелика. Модель не дозволяла досліджувати динамічну навантаженість окремих ділянок валопроводу.

У реальній силовій передачі при взаємодії силових кінематичних пар в їх опорах виникають реакції, величина і напрямок дії яких в експлуатації постійно змінюються. Координати точок прикладання активних сил в цих парах зазвичай не збігаються з координатами центра ваги деталей, величина цих сил також постійно змінюється. В плоских моделях, які використовуються багатьма авторами, важко отримати вірну картину просторової зміни векторів активних і реактивних сил. 3D-модель забезпечує можливість більш вірного відображення реальної картини активних і реактивних сил, чим досягається її велика адекватність.

### Список літератури

1. Лебедев А. Т. Аналітична модель повороту трактора з шарнірно-зчленованою рамою / А. Т. Лебедев, Є. І Калінін, М. Л. Шуляк, І. В. Колеснік // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2016. – Вип. 173 – С. 161 – 167.



## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МТА ШЛЯХОМ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

Ващекін Д.Ю.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Свіргун О.А.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Один з напрямків підвищення ефективності машино-тракторного агрегату – більш повна реалізація можливостей енергозасобу при виконанні встановлених обсягів сільськогосподарських робіт із заданою якістю. Основним експлуатаційним показником, що оцінює обсяг виконуваних робіт, служить продуктивність МТА.

Однак в умовах експлуатації резерви, що забезпечують підвищення ефективності МТА, зокрема шляхом вибору раціонального режиму функціонування двигуна з урахуванням умов його роботи, використовуються недостатньо.

Для вирішення цього завдання необхідно проаналізувати математичну залежність, що дозволяє в комплексі оцінювати вплив режимів роботи двигуна та інших елементів енергозасобів (трансмисії і рушіїв) на експлуатаційні показники МТА.

Розглядаючи МТА як керовану систему, необхідно виділити дві групи параметрів: керовані параметри, змінюючи які оператор встановлює режим роботи агрегату, та некеровані параметри (зокрема для ґрунтообробного агрегату – питомий опір робочої машини і сумарні витрати зусилля на рух). В умовах експлуатації керованими параметрами також служать подача палива і передавальне відношення трансмісії трактора.

У ході проведених досліджень запропоновано пристрій, який забезпечує безперервний контроль завантаження двигуна у всьому діапазоні роботи відцентрового всережимного важеля коректора за рахунок постійного контакту його і сталевого сердечника індуктивної котушки первинного перетворювача. Враховуючи, що вихідний сигнал визначається положенням важеля коректора, для обґрунтування основних параметрів пристрою необхідно встановити залежність між переміщенням важеля і режимом роботи двигуна.

При цьому прийнято, що номінальний режим роботи відповідає положенню важеля, коли він торкається корпусу коректора. Дане положення вважається початком виміру (нульове положення).

### Список літератури

1. Лебедев А. Т. Аналітична модель повороту трактора з шарнірно-зчленованою рамою / А. Т. Лебедев, Є. І. Калінін, М. Л. Шуляк, І. В. Колеснік // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2016. – Вип. 173 – С. 161 – 167.

## ЗБІЛЬШЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАКТОРА ШЛЯХОМ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕМЕНТІВ ГІДРОМЕХАНІЧНОЇ ТРАНСМІСІЇ

Дорошенко Д.Ю.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Іванов В.І.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Значному зниженню навантажень в силовій передачі промислового трактора сприяє встановлення гідродинамічного трансформатора (ГДТ), який запобігає перевантаженню двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) та елементів трансмісії.

Для відбору потужності на привід гідронасосів основного і додаткового устаткування між маховиком двигуна і насосним колесом ГДТ встановлюють редуктор відбору потужності, внаслідок цього в насосній частині гідромеханічної трансмісії (ГМТ) з'являється податлива динамічна система, яка збуджується потужним полігармонійним моментом з боку ДВЗ. Це призводить до виникнення резонансних крутильних коливань, що лімітують довговічність трансмісії промислового трактора.

Ефективним способом зниження рівня резонансних крутильних коливань в трансмісії є встановлення додаткових пристроїв – демпферів.

Однак, недоліком, в даному випадку, є встановлення простих демпферів, здатних знижувати рівень крутильних коливань у вузькій смузі частот. Бажання оптимізувати пружно-дисипативну характеристику, враховуючи конструктивні складності створення таких демпферів, змусило багатьох конструкторів прийняти компромісне рішення замінити нелінійну характеристику демпфера кусково-лінійною характеристикою. При цьому не вирішено питання математичного опису оптимізованої нелінійної характеристики демпфера для конкретної динамічної системи. При дослідженні джерел збудження, автори обмежуються, як правило, збуренням з боку двигуна при повній подачі палива, нехтуючи режимами часткової подачі палива.

В ході досліджень встановлено, що в системі існує три небезпечні резонансні зони:  $\omega_{0g} = 70...75\text{c}^{-1}$ ,  $\omega_{0g} = 102...110\text{c}^{-1}$  та  $\omega_{0g} = 155...170\text{c}^{-1}$ , рівень крутильних коливань яких досягає значення максимального крутного моменту двигуна.

### Список літератури

1. Калінін Є. І. Вплив обертання елементів трансмісії як пружної системи на власні коливання / Є. І. Калінін - Інженерія природокористування, 2016, - С 24-28.

## ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЯГОВО- ДОВАНТАЖУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДО ПРИЧЕПУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Думіндяк С.Б.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Калінін Є.І.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Витрати праці і коштів на транспортні технологічні операції складають близько 40% від загальних при вирощуванні сільськогосподарських культур. Питома вага перевезень тракторним транспортом становить 50...60% від загального обсягу внутрішньогосподарських перевезень.

Найбільшого поширення в порівнянні з сідельною та напівначіпною схемою компонування тракторних транспортних агрегатів отримала причіпна. Вона відрізняється простотою агрегування і не залежить від конструкції ходової і несучої частини транспортного засобу.

Недоліком причіпної схеми агрегату є її низькі зчіпні властивості, що не дозволяють досягти високого ступеня завантаження енергетичної установки транспортного засобу.

Тому велике народногосподарське значення набуває підвищення ефективності використання причіпних тракторних транспортних агрегатів (ТТА), що потребує вдосконалення тягово-довантажувального пристрою (ТДП) і дослідження розподілу ваги агрегату, обладнаного вдосконаленим ТДП, за його опорними катками.

В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що запропоновані технічні рішення по передачі частини ваги причепа на причіпний пристрій транспортного засобу малоефективні через що виникає небезпека погіршення керованості, необхідність зміни або включення додаткових вузлів до гідроначіпки трактора або дишла причепа, відсутність можливості регулювання перерозподілу частини ваги причепа на гідроначіпку трактора. Таким чином, усунення вищезазначених недоліків можливо при розробці нового технічного рішення з довантаження трактора з боку причепа, де сила опору перекошування причепа буде використовуватися в якості довантажувачів.

### Список літератури

1. Лебедев А. Т., Калінін Є. І. Теоретичне дослідження тягово-зчіпних властивостей тракторів, обладнаних здвоєними шинами, під час виконання ґрунтообробних робіт на агрофоні підвищеної вологості. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. 2010. Вип. 14 (28). С. 216-224

## ПІДВИЩЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЯКОСТЕЙ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА ТРАКТОРА ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Коваль В.Р.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Свіргун О.А.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Важливими проблемами сучасного агропромислового комплексу є розробка шляхів раціонального використання енергоресурсів. При цьому, велике значення надається питанням економії палива. Мобільні енергетичні засоби механізації сільськогосподарського виробництва, значну частку яких складають колісні трактори, є одними з основних користувачів нафтопродуктів. Тому підвищення паливної економічності цього виду транспорту є суттєвим резервом економії рідкого палива.

Одним із шляхів зниження експлуатаційної витрати палива тракторним дизелем є краща пристосованість системи автоматичного регулювання частоти обертання дизеля до умов роботи трактора залежно від виду сільськогосподарських робіт.

Підвищити експлуатаційну паливну економічність колісного трактора можна шляхом застосування універсального регулятора з автоматичним переключенням режимів регулювання.

Заміна системи переключення режимності регулювання, яка взаємодіє з органом керування коробкою передач енергетичного засобу, на систему переключення, зв'язану із ручним важелем керування паливним насосом дає можливість автоматично переключати режимність регулювання в залежності від завантаження МТА. Це дає можливість забезпечити поліпшення експлуатаційної витрати палива на 4,6 – 6,1 % на транспортних роботах та до 5% на малоенергоємних польових роботах при дворежимному регулюванні, порівняно із всережимним.

Покращення динамічних якостей дизеля при дворежимному регулюванні, порівняно із всережимним, пояснюється тим, що при всережимному регулюванні при різкому і повному переміщенні важеля керування подачею палива на розгін тракторного дизеля впливає наявність пружного зв'язку (у вигляді пружини) між педаллю керування та дозатором ПНВТ.

### Список літератури

1. Лебедев А.Т. Опір перекочування колеса, що працює з буксуванням [Текст] / Лебедев А.Т., Калінін Є.І., Шуляк М.Л. // Сільськогосподарські машини: зб. наук. праць ЛНТУ. – Луцьк: ЛНТУ, 2015. – Вип. 32. – С. 109 - 116.

## ПІДВИЩЕННЯ ПЛАВНОСТІ ХОДУ МАШИНО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ НА БАЗІ КОЛІСНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ТЯГОВОГО КЛАСУ 1,4

Марченко М.М.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Іванов В.І.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

В даний час завдання нарощування об'ємів виробництва сільськогосподарської продукції можна вирішити шляхом створення нових енергонасичених транспортних засобів. Основним напрямком удосконалення конструкцій таких енергетичних засобів на найближчий час залишається підвищення робочих швидкостей руху, які викликають виникнення підвищених коливальних процесів в системі «грунт – рушій – моторно-трансмійна установка».

Підвищення продуктивності машинно-тракторних (МТА) і тракторно-транспортних агрегатів (ТТА), а також стабільності виконання технологічних процесів, зниження витрат ПММ безпосередньо пов'язані з поліпшенням плавності ходу. Без розробок в даному напрямку неможливо подальше вдосконалення існуючих і створення нових енергонасичених МТА і ТТА, що володіють підвищеними експлуатаційними якостями. Одним із шляхів поліпшення плавності ходу є вдосконалення конструкцій пружнодемпфуючого приводу (ПДП), так як його встановлення в трансмісії трактора дозволяє знизити величину зовнішніх впливів за рахунок раціонального вибору параметрів жорсткості і коефіцієнтів демпфування, тим самим захистити двигун і трансмісію від динамічних навантажень, а також мінімізувати вертикальні прискорення остову трактора.

В ході досліджень встановлено, що зростання амплітуд коливань крутних моментів в трансмісії тракторних агрегатів викликає погіршення плавності їх ходу, що погіршує умови праці, призводить до руйнування структури ґрунту, знижує продуктивність і погіршує технологічні показники МТА. Введення пружних елементів ближче до приводу ведучих коліс МТА більш ефективно знижує, як динамічне навантаження в трансмісії, так і коливання остову трактора. Однак, на даному етапі, слабо вивчено вплив раціональної характеристики ПДП на вертикальні коливання енергетичного засобу.

### Список літератури

1. Лебедев А.Т. Опір перекочування колеса, що працює з буксуванням [Текст] / Лебедев А.Т., Калінін Є.І., Шуляк М.Л. // Сільськогосподарські машини: зб. наук. праць ЛНТУ. – Луцьк: ЛНТУ, 2015. – Вип. 32. – С. 109 - 116.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ, ОБЛАДНАНИХ ГАЗОБАЛОНИМ УСТАТКУВАННЯМ

Панасовський В.О.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Калінін Є.І.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

В останні роки намітилася тенденція до зниження ролі нафти і нафтопродуктів в світовій економіці. Це пояснюється зниженням темпів зростання видобутку нафти, викликаним виробленням великих родовищ, помітним скороченням інвестицій в пошуково-розвідувальні роботи, відсутністю ефективних технологій видобутку, що забезпечують високу віддачу нафтових пластів. Тому в найближчому майбутньому неминуче буде спостерігатися дефіцит нафти і нафтопродуктів, що створює передумови до більш широкого використання інших енергетичних ресурсів.

Використання на транспорті різних альтернативних палив забезпечує вирішення проблеми заміщення нафтових палив, значно розширює сировинну базу для отримання моторних палив, полегшує вирішення питань постачання паливом транспортних засобів і стаціонарних установок. Можливість отримання альтернативних палив з необхідними параметрами і фізико-хімічними властивостями дозволить цілеспрямовано вдосконалювати робочі процеси дизелів і тим самим поліпшити їх екологічні та економічні показники.

У сільському господарстві основним способом переведення дизельних двигунів для роботи на більш дешевому газоподібному паливі є газодизельний цикл, який дозволяє працювати як на дизельному паливі, так і на його суміші з компримованим газом. При роботі дизеля по газодизельному циклу економія дизельного палива досягає 75 ... 80%. Важливою перевагою використання газу в якості палива є й поліпшення екологічних показників. Використання природного газу в якості палива дозволяє сільськогосподарським тракторам вийти на норми токсичності ЄВРО-4.

Для широкого впровадження тракторів оснащених газобалонним обладнанням, в сільському господарстві, потрібно визначення техніко-економічних і екологічних показників тракторів, що працюють на газоподібному паливі, обґрунтування вимог безпеки і розробка заходів по техніці безпеки і технічному обслуговуванню.

### Список літератури

1. Іванов В.І., Калінін Є.І. Підвищення надійності системи методом селекції її елементів. Вісник ХНТУСГ: «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва». Випуск 163.– Харків: ХНТУСГ, 2015 р. – С. 142-146

## ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТРАКТОРНО- ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТУ ВИМИКАННЯМ ЧАСТИНИ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНА

Соколов Д.Д.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Свіргун О.А.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Згідно з даними статистики, частка експлуатаційних витрат на забезпечення транспортних операцій у виробництві сільськогосподарської продукції становить 15...20%, причому 16...30% від всього обсягу транспортних робіт здійснюється тракторно-транспортними агрегатами (ТТА) в складі трактора і причепа.

При виконанні транспортних робіт завантаження двигуна по моменту в більшості випадків не перевищує 40...50%.

З урахуванням переважного застосування маятникового способу перевезень (в одну сторону агрегат їде навантажений, в зворотну – порожній), роботи трактора без причепа, простоїв при завантаженні та розвантаженні, стоянок з працюючим двигуном та т.п., 30...40% часу зміни двигун трактора працює на режимах холостого ходу і малих навантажень. Робота двигуна на режимах малих навантажень супроводжується низькою економічністю.

Слід зазначити, що, починаючи з 80-х рр. ХХ ст. і до теперішнього часу, спостерігається стійка тенденція зростання питомої потужності (енергонасиченості) тракторів сільськогосподарського призначення, що лише посилює позначену вище проблему.

Завдання підвищення паливної економічності на цих режимах вирішується різними способами, одним з яких є відключення частини циліндрів двигуна. Наукові праці, присвячені роботі двигуна з відключенням частини циліндрів, недостатньо повно, особливо з точки зору економії палива, розкривають функціональні взаємозв'язки між вихідними параметрами ТТА і параметрами двигуна трактора при відключенні частини циліндрів, що визначає актуальність теми дослідження.

Передбачається, що підвищення ефективності згорання палива в працюючих циліндрах і зменшення механічних втрат двигуна в відключених циліндрах дозволить зменшити загальну витрату палива, що, в свою чергу, призведе до зниження питомих енерговитрат на реалізацію транспортного процесу.

### Список літератури

1. Іванов В.І., Калінін Е.І. Підвищення надійності системи методом селекції її елементів. Вісник ХНТУСГ: «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва». Випуск 163.– Харків: ХНТУСГ, 2015 р. – С. 142-146

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРИЧІПНИХ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИНО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ ЗА РАХУНОК ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЇХ СТІЙКОСТІ

Бурзак Д.Є.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Іванов В.І.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Однією з найбільш значущих проблем розвитку сільського господарства є збільшення виробництва і підвищення якості виробленої сільськогосподарської продукції за рахунок застосування енергозберігаючих технологій, підвищення продуктивності та ефективності використання машинно-тракторних агрегатів (МТА), за рахунок оптимізації їх конструктивних і експлуатаційних параметрів.

Підвищення продуктивності та ефективності використання МТА досягається за допомогою збільшення робочих швидкостей, ширини захвату, завдяки раціональному використанню сільськогосподарських машин, які входять до складу МТА. В результаті знижуються експлуатаційні витрати на виконання робіт, витрати праці, зменшується металоємність процесу, скорочуються терміни виконання сільськогосподарських операцій. Однак збільшення робочих швидкостей МТА і ширини захвату сільськогосподарських машин, а також кількості причіпних ланок при комплексній обробці призводить до погіршення показників стійкості руху і маневреності МТА. Як наслідок знижується ефективність впровадження намічених шляхів підвищення продуктивності і ефективності використання енергетичних засобів.

Стійкість і маневреність МТА залежать від великої кількості конструктивних чинників, серед яких значний вплив мають параметри тягово-зчіпних пристроїв (ТЗП), що з'єднують ланки причіпних МТА. Так, наявність шарнірного з'єднання між трактором і знаряддям, при впливі на МТА поперечних сил, призводить до зміни траєкторії руху ланок причіпних агрегатів не тільки при криволінійному, але й при прямолінійному русі. Тому вже на початкових стадіях проектування в конструкцію ТЗП слід закласти раціональні масово-геометричні, конструктивні і кінематичні параметри, які здатні поліпшити показники стійкості і маневреності причіпних МТА.

Таким чином, питання дослідження стійкості руху і маневреності причіпних МТА, а також пошуку різних шляхів і можливостей поліпшення цих параметрів є актуальними і заслуговують на особливу увагу в силу зазначених вище причин.

### Список літератури

1. Калінін Є. І. Вплив обертання елементів трансмісії як пружної системи на власні коливання / Є. І. Калінін - Інженерія природокористування, 2016, - С 24-28.



## ПОКРАЩЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ РАМНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ЇХ ВІДНОВЛЕННІ ТА РЕМОНТІ

Жакун С.П.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Калінін Є.І.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

В Україні проблема рамних конструкцій особливо гостра: вантажні автомобілі, спецтехніка та сільськогосподарські машини працюють у важких рельєфних і кліматичних умовах, на жорстких підвісках, їх основні елементи, що сприймають навантаження, переважно виготовляються із сталі. У більшості конструкцій транспортних засобів базовою збірною одиницею є рама, яка вносить до 40% вкладу металоміцкості усього автомобіля і значно впливає на ресурс його роботи.

Провідними факторами впливу на довговічність є пошкодження рами тріщинами та корозією. Результатом недооцінки провідних факторів та процесів руйнування є використання нераціональних технологічних операцій виготовлення, технічного обслуговування та ремонту рамних конструкцій засобів транспорту.

Тому, необхідні розробки більш досконалих методів розрахунку, які враховують реальні умови експлуатації та технологію виготовлення, переобладнання чи попереднього ремонту конструкцій.

Внаслідок дії в процесі експлуатації транспортних засобів статичних та динамічних навантажень на рами, виникають тріщини та інші пошкодження на певних локальних ділянках. Ці ділянки рам вимагають ремонту, який переважно виконується шляхом встановлення додаткових елементів підсилення, приварюванням або вирізанням пошкоджених та вварюванням нових на їх місце. Проблемою ремонту небезпечних зон рамних конструкцій шляхом встановлення елементів підсилення, а також відновлення таких зон із зародженими тріщинами, є небезпека пошкодження основного металу за рахунок негативних процесів, які можуть мати місце під час зварювання, як основного методу ремонту. Потужні теплові поля можуть викликати у зоні термічного впливу перерозподіл хімічних елементів та рекристалізацію матеріалу рамної конструкції. Тому дослідження в межах розв'язання означеної проблеми є актуальними.

### Список літератури

1. Калінін Є.І. Моделювання коливань кузову транспортного засобу на гусеничному ході з врахуванням гнучкості кузову / Є.І. Калінін, В.М. Романченко, Г.П. Юр'єва // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів – 2016. – № 6. – С. 232-238.

## ПІДВИЩЕННЯ КЕРОВАНОСТІ І СТІЙКОСТІ РУХУ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ З ФРОНТАЛЬНИМ НАЧІПНИМ ЗНАРЯДДЯМ

Заяц М.І.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Свіргун О.А.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Одним з перспективних напрямків сучасного розвитку сільського господарства є створення комбінованих машинно-тракторних агрегатів (МТА), що складаються з тягового енергетичного засобу та фронтального і заднього начіпного знарядь.

Такі агрегати, здійснюючи кілька операцій за один прохід, економлять людські та паливно-енергетичні ресурси, захищають ґрунт від надмірного руйнування і ущільнення, збільшують продуктивність праці, максимально завантажують енергонасичені трактори і т.п.

При недостатній стійкості руху машинно-тракторного агрегату з фронтальною начіпкою часом просто неможливо досягти високих техніко-економічних показників, та, головним чином, складно забезпечити агротехнічні показники застосування МТА, що в свою чергу ускладнює їх використання або робить економічно недоцільним.

Застосування в конструкції механізму фронтальної начіпки пружного елемента забезпечує пружне з'єднання знаряддя з трактором, що, з одного боку, створює можливість повороту знаряддя в ту ж сторону, що і керовані колеса, що покращує стійкість і керованість руху агрегату в цілому за рахунок зменшення сил опору від знаряддя при повороті трактора, а з іншого боку, забезпечує повернення знаряддя в нейтральне положення.

У зв'язку з цим проведення теоретичних і експериментальних досліджень руху трактора з фронтальним начіпним знаряддям і пружним елементом в начіпній системі та вибір найбільш раціональних конструктивних параметрів начіпного механізму і пружного елемента, здатних підвищити стійкість руху МТА, є актуальним завданням.

Метою роботи є забезпечення високих показників керованості машинно-тракторного агрегату з фронтальним ґрунтообробним знаряддям, при одночасному збереженні стійкості його руху, за рахунок зниження негативного впливу сил опору з боку знаряддя на поворот агрегату при маневруванні в міжряддях просапних культур.

### Список літератури

1. Калінін Є.І. Аналіз зміщення центра ваги напівначіпної машини при її функціонуванні. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке. 2010. Вип. 14 (28). С. 216-224.

## СТАБІЛІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ МТА ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ПНЕВМОГІДРАВЛІЧНОЇ МУФТИ ЗЧЕПЛЕННЯ

Буряківський В.В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Іванов В.І.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Впровадження в сільськогосподарське виробництво енергонасиченої техніки призвело до збільшення робочих швидкостей МТА, а значить, і до подальшого зростання динамічної навантаженості його складових ланок.

Чим вище енергонасиченість МТА і вище тяговий клас трактора, тим більш значні втрати від недовикористання потенційних можливостей агрегату на високих швидкостях роботи. Таким чином, підвищення робочих швидкостей і збільшення енергонасиченості, досягнуті до теперішнього часу, призвели до необхідності розробки наукових основ підвищення використання потенційних можливостей МТА.

Усунення негативних явищ підвищення робочих швидкостей нерозривно пов'язане з необхідністю розробки оригінальних пристроїв, що забезпечують якісне використання нової техніки. При цьому названа проблема не обмежується зниженням експлуатаційних показників МТА, а призводить до зростання динамічних процесів у всьому ланцюзі передачі потужності до робочої машини. Дана обставина посилює необхідність розробки пристроїв, що знижують нерівномірність навантаження тракторів в складі МТА з метою підвищення рівня ефективності використання потужності двигуна.

Зниження динамічних навантажень в трансмісії машинних агрегатів шляхом вдосконалення конструкцій тракторів є значним резервом і в підвищенні їх довговічності. У зв'язку з цим, захист трансмісії і ходової частини трактора від динамічних навантажень є важливою проблемою, вирішення якої призведе до зростання продуктивності, довговічності і надійності роботи машинно-тракторного агрегату. Досягнення необхідної довговічності трансмісії і підвищення продуктивності МТА, при одночасному зниженні витрат палива і поліпшення умов праці механізатора, може бути забезпечено стабілізацією навантажувальних режимів як на усталеному режимі роботи МТА, так і на перехідному режимі розгону шляхом введення в трансмісію еластичних елементів.

### Список літератури

1. Іванов В.І., Калінін Е.І. Підвищення надійності системи методом селекції її елементів. Вісник ХНТУСГ: «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва». Випуск 163.– Харків: ХНТУСГ, 2015 р. – С. 142-146

Секція 10

«Мехатроніка та якість в експлуатаційній  
та сервісній інженерії»

## РОЗУМНІ І ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

Кісь О. В.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Антощенко Р.В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Сучасне поняття інтелектуальних систем сформувалося в процесі розвитку теоретичних основ кібернетики, теорії управління, теорії алгоритмів, сучасних інформаційних технологій і узагальнення накопичених наукових знань в сфері штучного інтелекту. До сих пір немає єдиної загально визнаного визначення інтелектуальної системи (як, втім, і штучного інтелекту) [1].

В початковий період розвитку штучного інтелекту (в 1960-х рр.) під інтелектуальними системами розуміли автоматичні системи, здатні вирішувати завдання, які традиційно відносять до сфери діяльності людини (розпізнавання візуальних і звукових образів, гра в шахи, доведення теорем і т.д.). Потім до інтелектуальних систем стали відносити системи, що моделюють на комп'ютері роботу клітин мозку і мислення людини. Пізніше, в 1980-х рр. інтелектуальними системами стали вважати комп'ютерні системи, здатні вести обміркований діалог з людиною і посилювати інтелектуальну діяльність людини в різних сферах.

Взагалі системою називають сукупність взаємопов'язаних елементів, призначену для досягнення певної мети. По виду цих елементів розрізняють технічні та програмні системи. Перші являють собою сукупність технічних пристроїв, а другі – сукупність комп'ютерних програм. І ті, і інші здатні вирішувати завдання різного рівня складності, з яких найбільш складними є інтелектуальні (творчі) завдання. Відповідно, під інтелектуальними системами слід розуміти технічні або програмні системи, здатні вирішувати інтелектуальні завдання в певній предметній області.

Будь-яка система знаходиться в постійній взаємодії із зовнішнім середовищем, яка представляє собою сукупність деяких об'єктів. Ця взаємодія проявляється в тому, що зміна властивостей об'єктів впливає на поведінку системи і, з іншого боку, властивості об'єктів змінюються в результаті поведінки системи. Характерною особливістю інтелектуальних систем є їх здатність реагувати на зміни, що відбуваються у зовнішньому середовищі, налаштовуючи певним чином свої параметри в залежності від стану зовнішнього середовища.

Існують різні види інтелектуальних систем, які характеризуються притаманними їм структурними і функціональними особливостями, сферами застосування. Створення інтелектуальних систем в істотній мірі пов'язане з розвитком інформатики, що призвело до поширення різноманітних інтелектуальних інформаційних систем [2].

Особливим різновидом інтелектуальних систем, використовуваних у виробничій сфері, є адаптивні системи. Розвиток робототехніки призвів до створення інтелектуальних роботизованих систем. Широкому поширенню інтелектуальних систем в різних областях виробничої діяльності, включаючи аграрну індустрію, сприяє використання бездротових сенсорних систем, зокрема, бездротових сенсорних мереж і систем радіочастотної ідентифікації. Значна роль в поширенні інтелектуальних систем відводиться засобам навігації, в першу чергу, супутниковим навігаційним системам.

З поняттям інтелектуальних систем тісно пов'язане поняття інтелектуальних технологій.

У найзагальнішому сенсі під технологією розуміється керована людиною сукупність процесів цілеспрямованого, з заданими вимогами зміни різних форм речовини, енергії та інформації. При цьому під процесом розуміється сукупність послідовних дій для досягнення певного результату в будь-якій сфері людської діяльності. Оскільки будь-яка дія здійснюється за допомогою відповідних засобів, то під технологією слід розуміти сукупність процесів цілеспрямованої зміни різних форм речовини, енергії та інформації, а також засобів здійснення цих процесів.

Технології зазвичай розглядають у зв'язку з конкретною людською діяльністю. У відповідності з різними сферами цієї діяльності існують різні види технологій. Так, в сфері освіти використовуються освітні технології – керовані сукупності процесів і засобів викладання і засвоєння знань; в сфері інформатики – інформаційні технології – керовані сукупності процесів і засобів пошуку, збору, зберігання, обробки, надання, поширення інформації, тощо.

Особливим різновидом виробничих технологій є інтелектуальні виробничі технології. У них в ролі технологічних засобів виступають інтелектуальні системи.

Основні функції інформаційних систем: сприйняття інформаційних запитів, що вводяться користувачем, та необхідних вихідних даних, обробка інформації, що введена і зберігається в системі відповідно відомим алгоритмом і формування необхідної вихідної інформації.

Для інтелектуальних інформаційних систем, орієнтованих на генерацію алгоритмів розв'язання задач, властиві розвинені комунікативні здатності, тобто можливості взаємодії (інтерфейс) користувача з системою, а також вміння вирішувати складні погано сформульовані завдання, тобто такі завдання, які вимагають побудови оригінального алгоритму рішення в залежності від конкретної ситуації, яка характеризується невизначеністю і динамічністю результативних даних і знань.

#### Список літератури

1. Шило И. Н., Толочко Н. К., Нукешев С. О., Романюк Н. Н., Есхожин К. Д. Умная сельскохозяйственная техника: учебное пособие. Астана: Издательство КазАТУ им. С.Сейфуллина, 2018. 174 с.
2. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоеlementних машинно-тракторних агрегатів: монографія. Х.: ХНТУСГ. «Міськдрук», 2017. 244 с.

## ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ МЕТАЛООБРОБКИ ЗАСТОСУВАННЯМ МІНЕРАЛОКЕРАМІЧНИХ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Голуб І.В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Фабричнікова І.А.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

За оцінками Офісу ефективного регулювання [1] від обмежувальних заходів через пандемію COVID-19 в Україні серйозно постраждають більшість секторів економіки, особливо металургія та, як наслідок, машинобудування. Тому для скорішого виходу з кризи конче необхідно об'єднати зусилля усіх профільних фахівців і науковців та спрямувати на розвиток сучасного машинобудування. Проаналізувати попередні та найсучасніші розробки високотехнологічних методів підвищення працездатності машин покращенням якості обробки їх деталей. Оцінити доцільність і ефективність впровадження розробок науковців у виробництво сучасної техніки.

У зв'язку з подальшим збільшенням вимог до випуску сучасних машин зростає роль інструментальних матеріалів при виготовленні і відновленні відповідальних деталей з матеріалів високої твердості. Різучі інструменти з мінералокераміки мають високу роботоздатність, іноді більшу ніж у вольфрамівих твердих сплавів.

Група науковців під керівництвом проф. Коломійця В.В. досліджувала роботоздатність мінералокерамічних інструментальних матеріалів [2], а саме різців з ВОК60, ВОК63, силініту – Р і кортиніту (ОНТ20) при точінні загартованих сталей, чавунів і наплавлених матеріалів високої твердості.

Встановлено, що обробка деталей машин із матеріалів високої твердості різцями з мінералокераміки типу ВОК60 і кортиніту (ОНТ20) забезпечує підвищення продуктивності праці і скорочення трудомісткості операцій остаточної обробки в два-три рази. При цьому стійкість таких різців значно перевищує стійкість різців з твердих сплавів при високих швидкостях різання за умови досягнення необхідної якості і точності обробки.

В таблиці 1 наведені основні властивості досліджуваних мінералокерамічних матеріалів і для порівняння – твердого сплаву Т15К6.

Встановлено, що при точінні деталей із сталі 20Х3МВФ-Ш (HRC 35-47) різцями з механічним кріпленням не переточених пластин із мінералокераміки

ВОК60 на збільшених швидкостях різання стійкість різців була в 2 – 3 рази більшою ніж у різців із твердого сплаву Т15К6.

Таблиця 1. Властивості інструментальних мінералокерамічних матеріалів

Марка і склад матеріалу інструмента	Щільність, кг/м <sup>3</sup>	Твердість, HRA	Міцність, ГПа		Тепло-стійкість, °С	Рекомендовані сфери застосування
			При вигині	стисканні		
Твердий сплав Т15К6 WC, TiC, Co	11,1-11,6	95	1,15	3,7	850-900	Чистова і напівчистова обробка незагартована сталей і наплавлених основних матеріалів з HRC <40
ВОК60 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiC	4,2-4,3	94	0,65	2-2,3	1000-1200	Чистова і напівчистова обробка загартованих сталей (HRC45-60) і чавунів з малим перетином зрізу
Силініт-Р Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + SiN	4,2-4,3	93	0,65-0,75	2-2,4	1000-1100	«-» і наплавлених матеріалів типу А, В, D, F, Q
Коргиніт (ОНТ20) Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiN	4,2	92-94	0,75	2-2,5	1000-1100	« - »

Чистове точіння різцями з пластинами із коргиніту досліджували в лабораторних і виробничих умовах при обробці деталей зі сталі 38ХС (42-45 HRC<sub>ε</sub>). Дані дослідів наведені на рисунку 1 доводять, що зміна подачі при різній глибині різання незначно впливає на знос різця по задній поверхні в період приробки.

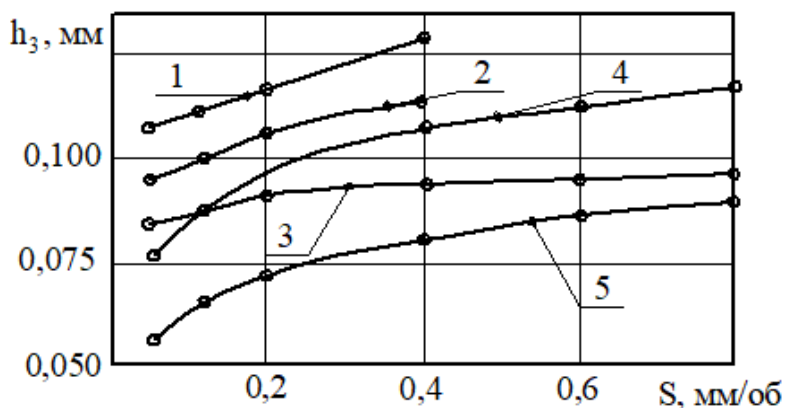


Рисунок 1. Залежність зносу пластин з коргиніту від подачі та глибини різання при точінні сталі 38ХС (42-45 HRC<sub>ε</sub>);

$V = 4$  м/с;  $T = 16$  хв;  $t$ , мм: 1 – 0,25; 2 – 0,5; 3 – 1,0; 4 – 2,0; 5 – 3,0.



Досліджена працездатність різців із мінералокераміки силініту – Р при обробці наплавленого матеріалу великої твердості Н<sub>л</sub> – 65Г (HRC 64) в порівнянні з працездатністю різців із твердого сплаву Т15К6. При цьому встановлено, що всі складові сили різання значно менші у різців із силініту – Р.

Це можна пояснити підвищеною зносостійкістю силініту – Р, меншими силами тертя і радіусами закруглення ріжучих кромки в порівнянні з пластинами із твердого сплаву Т15К6. Порівняльний знос різців підтверджує більшу працездатність ріжучих пластин із силініту – Р при обробці наплавлених матеріалів великої твердості в порівнянні з пластинами із твердого сплаву Т15К6.

Досліджено також працездатність мінералокерамічних пластин із кортиніту (ОНТ20) при обробці деталей із сталі 38ХС (42-45 HRC<sub>E</sub>) і чавуну СЧ 21 (НВ 207 – 255). При цьому встановлені обмеження на збільшення подачі до 0,6 мм/об при обробці сталі великої твердості та глибини різання до 2 мм при обробці чавуну.

Показано, що різці із мінералокерамічних матеріалів ВОК60, силініту – Р і кортиніту особливо ефективні при обробці загартованих сталей великої твердості при непереривній обробці, наплавлених матеріалів і чавунів при чистовій і напівчистовій обробці. Приведені рекомендовані області застосування мінералокерамічних різців із ВОК60, силініту – Р і кортиніту.

На підставі досліджень групи проф. Коломійця В.В. робимо однозначні висновки про доцільність, технічну та економічну обґрунтованість впровадження цих розробок у виробництво. Але наразі машинобудування та металургія України у стані кризи.

Власник ТОВ «Укрфаворит» О. Ісаєва [3] кілька років вивчає ситуацію на ринку і шукає шляхи реанімації ливарної промисловості. Основними причинами її занепаду називає втрату зв'язків з Росією, неготовність ливарних підприємств до модернізації та зміні умов роботи, а також низький рівень кваліфікації технічних фахівців і відсутність інтересу держави до підготовки кадрів.

Та металурги і машинобудівники України впевнені, що у цих провідних бюджетоутворюючих галузей є майбутнє, якщо держава проявить зацікавленість, а керівники підприємств будуть готові вкладати кошти в оновлення виробничого і технологічного процесу та впровадження сучасних наукових розробок.

#### Список літератури

1. <https://ukraina.ru/exclusive/20200407/1027309354.html>
2. Коломиец В.В. Работоспособность минералокерамических инструментальных материалов. / Коломиец В.В., Ридный Р.В., Фабричникова И.А., Богданович С.А. // Наук. журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». ХНТУСГ - Х.: 2019. № 205. – С. 94-102
3. <https://interfax.com.ua/news/press-release/631325.html>

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕХАТРОННИХ ТА РОЗУМНИХ СИСТЕМ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ТЕХНІЦІ

Козлов О. С.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Антощенко Р. В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Останніми роками інтелектуальні системи отримують все більш широке застосування при створенні сільськогосподарської техніки, що в значній мірі обумовлено підвищенням загального рівня розвитку і розширенням функціональних можливостей інтелектуальних систем [1]. При цьому основні напрямки інтелектуалізації в сфері АПК визначаються цілою низкою чинників, в тому числі галузевою структурою АПК, також тією ефективністю, яка може бути досягнута в наслідок використання інтелектуальної сільськогосподарської техніки в окремих галузях АПК і конкретних видах агропромислових виробництв.

Агропромисловий комплекс – це сукупність взаємопов'язаних галузей економіки, що взаємодіють при виробництві, переробці і комерційній реалізації сільськогосподарської продукції, забезпечують потреби населення в харчових продуктах і товарах народного споживання із сільськогосподарської сировини.

АПК підрозділяється на три основні галузеві сфери:

- сільськогосподарське виробництво (сільське господарство) – група галузей, що займаються вирощуванням сільськогосподарських культур і розведенням сільськогосподарських тварин для отримання землеробської і тваринницької продукції, а також первинної переробкою цієї продукції;

- група галузей, що забезпечують переробку продукції сільського господарства, в тому числі харчова, комбікормова промисловість, відповідні галузі легкої промисловості;

- група галузей, що виробляють засоби виробництва для сільського господарства і пов'язаних з ним переробних галузей; включає галузі машинобудування, що випускають машини і пристрої для агропромислового виробництва, в тому числі для сільського господарства, харчової промисловості, комбікормової промисловості і відповідних галузей легкої промисловості.

В кожному з трьох зазначених сфер АПК також входять спеціалізовані підприємства, що займаються матеріально-технічним забезпеченням і технічним

обслуговуванням виробництва, транспортуванням, зберіганням та комерційною реалізацією продукції, що випускається.

АПК в ресурсному та виробничому відношенні пов'язаний з іншими галузями економіки, зокрема, такими як:

- машинобудування (виробництво технологічних, транспортних і енергетичних машин і агрегатів);
- хімічна промисловість (виробництво мінеральних добрив, лакофарбових матеріалів та інших видів хімічної продукції);
- гірничо-хімічна промисловість (вироблення мінеральних добрив);
- будівництво та промисловість будівельних матеріалів (побудова і реконструкція будівель і споруд, виробництво будівельних матеріалів);
- паливна промисловість (видобуток і переробка різних видів палива);
- енергетика (вироблення, перетворення і передача різних видів енергії).

Ефективність використання інтелектуальної сільськогосподарської техніки в окремих галузях АПК і конкретних видах агропромислових виробництв визначається співвідношенням ефекту і витрат, що викликали цей ефект [2]. Під ефектом розуміється позитивний результат, який виходить внаслідок використання інтелектуальної сільськогосподарської техніки. У загальному випадку ефект може бути політичним (забезпечення економічної незалежності, продовольчої безпеки), економічним (зниження собівартості продукції, зростання прибутку, зростання продуктивності праці, тощо), соціальним (поліпшення умов праці, підвищення матеріального рівня життя і здоров'я населення, тощо), екологічним (зменшення забруднення навколишнього середовища, підвищення безпеки виробництва продукції).

Інтелектуалізація сільського господарства обумовлена такими об'єктивними обставинами:

- традиційні технологічні рішення вже не можуть забезпечити необхідне зростання продуктивності праці і якості продукції;
- концепція поопераційної оптимізації вичерпала себе, і потрібні нові системні методологічні та технологічні рішення створення техніки;
- глобальна комп'ютеризація виробництва зобов'язує застосовувати високо автоматизовані процеси.

Головною умовою інтелектуалізації сільського господарства є застосування інтелектуальної сільськогосподарської техніки, тобто високоавтоматизованих технічних засобів, здатних оптимізувати свій внутрішній та зовнішній стан (розташування у просторі) за спеціальними комп'ютерними програмами, в яких продуктивність і якість роботи машини є залежними від змінних параметрів агрофона.

Концепцію створення такої техніки можна розглянути на прикладі зернозбирального комбайна.

Аналіз роботи сучасних сільськогосподарських машин, зокрема, таких складних мобільних технологічних агрегатів, як комбайн, дозволяє виявити такі особливості:

Традиційно комбайни розробляються в основному з орієнтацією на професіоналізм оператора (комбайнера) і більшість функцій управління робочими органами машини передані йому. Це призводить до того, що одна і та ж машина, керована різними операторами, показує різну продуктивність. В результаті господарський парк машин працює нижче своїх потенційних можливостей, що призводить до великих виробничих витрат і збільшення собівартості продукції.

Під час роботи комбайна об'єктивно виникають такі сполучення природно-кліматичних, агро- ландшафтного і технологічних факторів, оптимізувати які комбайнер не в змозі через їх швидкоплинність і різноманіття. Тому він нерідко працює на неоптимальних режимах керованої ним машини.

У разі високих врожаїв ефективність використання пропускну здатності комбайна повинна бути досить високою – не нижче 0,9. Однак це не може бути забезпечено комбайнером по природним обмеженням його реакції, працездатності, тривалості робочого дня, тощо. Рішенням проблеми є використання більш продуктивного комбайна, оснащеного автоматичними пристроями контролю і управління так, щоб його робота найменше залежала від кваліфікації комбайнера.

Однією з головних цілей застосування інтелектуальної сільськогосподарської техніки є забезпечення сталого розвитку АПК.

#### Список літератури

1. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоеlementних машинно-тракторних агрегатів: монографія. Х.: ХНТУСГ. «Міськдрук», 2017. 244 с.
2. Шило И. Н., Толочко Н. К., Нукешев С. О., Романюк Н. Н., Есхожин К. Д. Умная сельскохозяйственная техника: учебное пособие. Астана: Издательство КазАТУ им. С.Сейфуллина, 2018. 174 с.
3. Лук'яненко В.М., Галич І.В., Никифоров А.О. Мехатронна вібраційна насіннеочисна машина. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка*. Вип. 156., 2015. С 413-419.

## ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ РОБОЧОЇ ЧАСТИНИ НОЖІВ КЕНІГСФЕЛЬДСЬКОГО ТИПУ

Замета К.С.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Фабричнікова І.А.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Підвищення зносостійкості і роботоздатності ножів взагалі пов'язано з поліпшенням якості металу, забезпеченням підвищеного опору його руйнуванню та підвищення фізико-механічних властивостей поверхневого шару. Як відомо, якість бурякорізальних ножів визначається, перш за все, зносостійкістю, корозійною стійкістю, ударною в'язкістю та шорсткістю поверхонь робочої частини, обов'язковим чітким дотриманням конфігурації, гостротою різальної кромки, малою схильністю до заїдань та ін.

Фрезеровані ножі кенігсфельдського типу виготовляють із: конструкційної ресорно-пружинної сталі 65Г; конструкційних легованих сталей 40Х, 40Г; вуглецевих інструментальних сталей У8, У8А. Робоча частина ножа повинна мати високу жорсткість, твердість і гостроту ріжучої кромки, тому передня частина (де знаходиться ріжуча кромка) загартовується до HRC 35...50.

Поліпшення показників надійності ножів можливе і шляхом вдосконалення геометрії та технології їх заточування, що більш економічно і перспективно. Зокрема зменшення кута торцювання бурякорізального ножа призводить до подовження ріжучої кромки, тобто зменшує питоме навантаження на неї [1, 2]. Застосування кута торцювання  $\beta = 63 \pm 2^\circ$  та оптимальних параметрів загострення ножа дозволяє досягти значення кута загострення  $\gamma = 9 \pm 1^\circ$  що приводить до зменшення зусилля різання від 14Н до 7Н, збільшення зносостійкості та до зменшення енергозатрат. Встановлені розрахункові залежності між кутом торцювання леза та місцем злому різальної кромки.

Ці висновки знаходять підтримку і в дослідженнях Люльки О.М. [3], де описано вплив основних геометричних параметрів робочої частини ножів кенігсфельдського типу (кута торцювання, кута заточки та гостроти леза) на характеристики процесу різання. Зокрема вплив кута торцювання ножів на питому роботу різання (рисунок 1.).

Для визначення раціонального кута торцювання кенігсфельдських ножів були виконані дослідження по його на питому роботу різання при різних варіантах швидкості різання:  $V=6$  м/с; 7 м/с; 8 м/с.

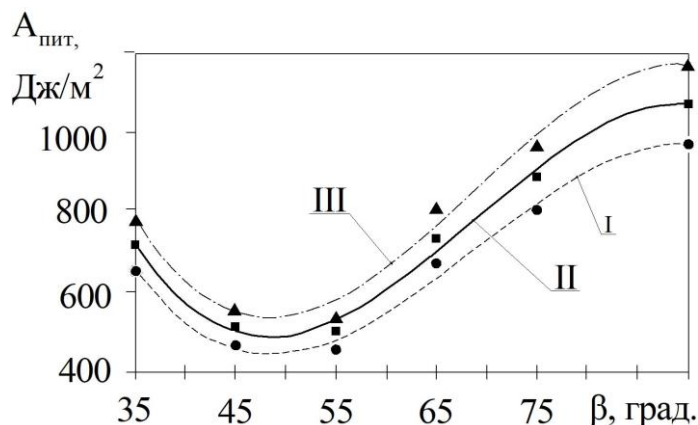


Рисунок 1. Залежність питомої роботи різання  $A_{\text{питг}}$  від кута торцювання  $\beta$  ножів:  
I – середня швидкість різання  $V=6$  м/с; II –  $V=7$  м/с; III –  $V=8$  м/с

Встановлено, що мінімальна питома робота різання досягається при куті торцювання  $\beta = 50^\circ \pm 5^\circ$ . Зменшення питомої роботи різання при зменшенні кута торцювання до  $50^\circ \pm 5^\circ$  відбувається за рахунок трансформації кута загострення леза. Подальше зменшення кута торцювання призводить до збільшення питомої роботи різання за рахунок збільшення площі тертя.

А раціональна геометрія параметрів робочої частини ножів призводить до покращення якості бурякової стружки та зменшення енерговитрат на роботу бурякорізальних машин. Також в цих дослідженнях отримані аналітичні залежності, які дозволяють визначити основні геометричні параметрами робочої частини бурякорізальних ножів кенігсфельдського типу.

В подальших спільних дослідженнях [4] охарактеризовано операції процесу відновлення робочої частини ножів кенігсфельдського типу. Представлено проекції робочої частини ножа кенігсфельдського типу з визначенням всіх основних складових, які дають об'ємне уявлення про її властивості. Наведено аналітичні залежності, які дають змогу визначити: геометричні параметри бокової ріжучої кромки та її проекцій після торцювання, потоншення та короткого заточування; всі геометричні розміри і площу паралелограма ріжучої фаски, утвореної за допомогою короткого заточування пера ножа; кут потоншення товщини пера при довгому заточування; кут між сусідніми ріжучими кромками.

Після робочого циклу у бурякорізках ножі необхідно відновити. Процес відновлення складається з таких операцій:

- очищення від залишків подрібненої сировини та сторонніх домішок;
- торцювання робочої частини формує кут нахилу ріжучої кромки ( $\beta$ );
- попереднє або довге заточування формує потоншення робочої зони;
- коротке заточування формує кут заточування ( $\gamma$ ).

Під час взаємодії коренеплоду із зигзагоподібною ріжучою кромкою робочої частини ножа кенігсфельдського типу відбувається відокремлення

стружини від тіла коренеплоду, яка під час цього процесу залишається зв'язаною з ним поперечним перерізом. Передні грані (фаски) ножа з сумарною площею  $S_{\Sigma\phi}$ , визначеної з рівняння (1), відгинають та деформують стружини.

$$S_{\Sigma\phi} = S_{\phi} \cdot L_n \cdot \frac{t}{2} = \frac{t^2 \cdot \delta_y}{4 \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma} \cdot L_n, \quad (1)$$

де  $L_n$  – довжина ножа,

$S_{\phi}$  – площа паралелограма фаски,

$t$  – крок пер ножа;

$\alpha$  – кут профілю ножа,

$\delta_y$  – товщина потоншення.

Це створює опір переміщенню ножа. Внаслідок деформації стружин відбувається їх притискання до внутрішньої робочої частини ножа (передніх граней, потоншених бокових поверхонь пер ножа). Під час подальшого відокремлення стружин від тіла коренеплоду вони сходять вздовж бокових поверхонь пер, вступаючи у взаємодію з ними, що спричиняє додатковий опір переміщенню ножа. Вищеописані опори входять до загального опору різання, впливають на питому роботу різання та потужність, яка витрачається на подрібнення коренеплодів.

Розраховані аналітичні залежності для визначення геометричних параметрів робочої частини кенігсфельдського ножа мають практичне значення. Їх можливо застосовувати як складові розрахунку загального опору різання та питомої роботи різання; при визначенні потужності, що визначається на подрібнення коренеплодів; для прогнозування геометричних параметрів ножа при його конструюванні та заточуванні або для розрахунку оброблюваної площі та витрат матеріалів при локальному зміцненні.

#### Список літератури

1. Фабричнікова, І.А. Практичні рекомендації по збільшенню ресурсу бурякорізальних ножів // І.А. Фабричнікова, В.В. Коломієць. Проблеми трибології (Problems of Tribology). – Хмельницький: 2015, – №3(77). – С. 122 – 126.

2. Фабричнікова І.А. Дослідження впливу кута торцювання на зносостійкість бурякорізальних ножів / І.А. Фабричнікова // Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка, випуск 148, – Харків: 2014. – С. 412-418.

3. Люлька О. М. Геометрія ріжучої кромки бурякорізальних ножів, як фактор отримання якісної стружки / О.М. Люлька, В. Г. Мирончук, Д. М. Люлька // Цукор України. – К: 2016. - №11/12 (131/132). - С. 36-40.

4. Люлька О.М Аналітичне визначення геометричних параметрів робочої частини ножа кенігсфельдського типу // О.М. Люлька, М.Л. Нікольський, І.А. Фабричнікова // – Науковий журнал «Інженерія природокористування» №1(11). – Харків: 2019. – С.89-96.

## АНАЛІЗ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ НАПРЯМОМ РУХУ

Кравченко В. В.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Антощенко Р. В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Розвиток систем керування сільськогосподарських агрегатів практично припинився наприкінці 80-х років в основному за двома причинами: знайдені рішення або мали дуже вузькі галузі використання при достатній простоті конструкції (копіювальні системи), або виявилось доволі складні та дорогі (системи на базі радіонавігаційних засобів) [1]. Перевага таких систем, відносно копіюючих, суттєве покращення умов праці, яке не має економічного підкріплення, також не були затребувані.

Останнім часом з'явилися відомості про використання для автоматизації керування мобільної сільськогосподарської техніки інформації, яку надає супутникові навігаційні системи (GPS).

Системи автоматичного напрямку руху (САНР) підвищує агротехнічні властивості МТА при виконанні різних технологічних операцій: оранки, посіву, міжрядної обробки, внесення добрив, збирання врожаю. За необхідною точністю напрямку руху МТА технологічні процеси можна розділити на три групи:

- 1) без регламентації точності (зволочування соломи та скиртування, вивезення добрив і врожаю від комбайнів та ін.);
- 2) з невисокою точністю (суцільна культивуація та боронування, внесення добрив, снігозатримання та ін.);
- 3) з високою точністю (оранка, посів, міжрядна обробка та ін.).

Для оцінки автоматизації керування напрямком руху приймемо в якості агротехнічних показників наступні параметри: кількість огривів і звалювань енергетичного засобу в борозну при сівбі й оранці; чистоту зрізу бур'яну при міжрядній обробці; частоту зрізу культурних рослин при міжрядній обробці. Дослідження МТА з автоматичним водінням проводили на різних операціях з системами автоматичного напрямку руху різної конструкції. Досліди на оранці показали, що застосування обладнання для автоматичного водіння підвищує прямолінійність борозен, стабільність ширини захвата і відсутність огривів при оранці.

Широко розповсюджені комерційні випробування системи точного землеробства на основі системи глобального позиціонування почалися в середині 1990-х років [2]. Мета системи точного сільського господарства полягала в тому, щоб збільшити прибутковість господарств, обсяг випуску продукції та зменшити її собівартість.



Важливо розуміти дві ключові специфікації точності системи GPS (табл. 1):

– точність із року в рік (повторювана точність): здатність користувача GPS повернутися в раніше відзначене місце або рядок, до якого повертались тиждень, місяць або рік по тому. Приймачі, які використовують дві частоти, можуть забезпечувати точність  $\pm 2,5$  см і можуть бути застосовані до операцій, що вимагають надзвичайно точних польових робіт. Тільки приймачі GPS, що використовують технологію RTK, можуть забезпечувати точність із року в рік  $\pm 2,5$  см або «повторюваність».

**Таблиця 1. Технічні характеристики систем GPS**

Характеристика		GPS	DGPS	OmniStar XP/HP	RTK
Кількість супутників необхідних для ініціалізації		3-4	3-4	XP: 5 HP: 5	5
Час ініціалізації		Менше 1 хв.	Менше 1 хв.	XP: 20-40 хв HP: 20-40 хв	1 хв.
Кількість частот приймача		1	1	XP: 2 HP: 2	2
Точність	відносна	3-5 м	60 см	XP: 7-12 см HP: 5-10 см	2,5 см
	повторювана			XP: 20 см HP: 10 см	
Необхідність базової станції		Не потрібна	Потрібна базова станція, або додатковий сигнал з супутника	Не потрібна, але необхідна підписка на коригувальний сервіс XP/HP	Необхідна базова станція з радіусом дії до 10 – 30 км

– точність від проходу до проходу (відносна точність): здатність приймача GPS забезпечити точність у межах від одного проходу до наступного (тобто точність щодо попереднього проходу). Ця точність забезпечує парні рядки мінімальними перекриттями і пропусками (огріхами). Більш прості приймачі диференціальні GPS (DGPS) можуть гарантувати точність від проходу до проходу  $\pm 30$  см, яка є прийнятною для операцій обробки ґрунту, внесення мінеральних добрив, збір врожаю.

#### Список літератури

1. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоелементних машинно-тракторних агрегатів: монографія. Х.: ХНТУСГ. «Міськдрук», 2017. 244 с.
2. Антощенко Р. В. Вимірвальна система динамічних та тягово-енергетичних показників функціонування мобільних машин [Текст] / Р.В. Антощенко // Інженерія природокористування – Харків: ХНТУСГ, 2014. – Вип. 2 (2). – С. 15-19.

## ДО ПИТАННЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТУ ЯКОСТІ

Гудзенко К.О.

**Науковий консультант:** ст. викл. Галич І.В.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

В умовах ринкових перетворень в економіці України, які характеризуються посиленням процесів глобалізації та загостренням конкуренції, виникає необхідність пошуку нових шляхів підвищення конкурентоспроможності підприємств. При цьому конкурентоспроможність підприємства залежить, у першу чергу, від його здатності задовольняти потреби споживачів продукції, найважливішим параметром оцінки якої є якість [1].

Якість продукції, що випускається визначається технологічним процесом. На кожній операції поетапно закладаються основні характеристики, якими має володіти виріб. Традиційні методи, які використовуються в питаннях забезпечення якості, зводяться до визначення отриманого рівня якості на останній операції технологічного процесу. У разі виявлення невідповідності характеристик установленим вимогам вироб або відправляється на виправлення дефекту, або бракується. При такому підході підприємство витрачає великі суми на виправлення і бракування продукції [2]. Тут і витрати на додатковий пошук причини виникнення дефекту, і витрати на виправлення дефекту після того, як весь технологічний процес завершено.

Найбільш ефективним способом управління підприємством на сьогодні є модель, у якій управління якістю зі спеціалізованого виду управління стає визначальним [3]. Базуючись на цій моделі, міжнародна організація зі стандартизації розробила серію стандартів ISO 9000 на системи менеджменту підприємств. Створені на базі світового управлінського досвіду, вони є рекомендаціями з удосконалення управлінської діяльності підприємств. В їх основі лежить системна орієнтація всіх підрозділів підприємства на якість з кінцевою метою виправдання очікувань покупців і, як наслідок, здобуття максимально можливого прибутку. Політика у сфері якості закладається в основу політики підприємства зі всіма її складовими (маркетинг, проектування, закупівля, контракти тощо).

Комплексний показник ефективності функціонування моделі управління якістю визначається шляхом об'єднання одиничних показників якості за допомогою коефіцієнтів вагомості кожного показника по функціональній залежності (1):

$$K = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot P_i, \quad (1)$$

де  $K$  – комплексний показник;

$n$  – число показників;

$\lambda_i$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -го показника якості;

$P_i$  –  $i$ -й показник якості (одиничний, нормований, тобто зведений до однієї одиниці виміру).

Коефіцієнти вагомості мають бути визначені експертним шляхом. Але, оскільки всі фактори управління є рівнозначними, то коефіцієнти вагомості зазвичай розподілені практично порівну. При цьому значення коефіцієнта вагомості для фактора «Задоволеність споживача» трохи вище, ніж у інших факторів, оскільки виконання вимог споживача є першочерговим завданням будь-якого підприємства.

Інтегральний показник рівня якості знаходять як частку від розподілу значення інтегрального показника властивостей оцінюваного процесу на відповідне базове значення [1].

Інтегральний показник рівня якості приймають для розрахунку тоді, коли відомі сумарний корисний ефект від експлуатації й сумарні витрати на створення й експлуатацію виробу. Це комплексний показник у вигляді відношення сумарного корисного ефекту від експлуатації до сумарних витрат на його створення, придбання, монтаж у споживача, налагодження, і т. ін.

Існуючі методи оцінювання ефективності систем менеджменту якості вказує на необхідність розроблення універсального підходу до оцінювання, який повинен ґрунтуватися на процесному підході. Адже, головна мета процесного підходу – позбутися невідповідностей, неефективності і внутрішніх конфліктів, які притаманні багатьом організаціям. Також при оцінюванні ефективності менеджменту потрібно враховувати професійні та особисті якості керівництва, забезпеченість підприємства ресурсами, розвиток системи комунікацій, організаційної структури управління та ін. Це все дозволить підприємству збільшувати ефективність та результативність своєї діяльності.

#### Список літератури

1. Лук'яненко В.М., Галич І.В., Афанасьєва О.В. Інтегровані системи менеджменту. *Якість технологій та освіти. Збірник наукових праць УПА*, №2, 2011, С. 67–70.
2. Нанка О.В., Антощенко Р.В., Кісь В.М. та ін. Загальне управління якістю: підручник. Харків: ХНТУСГ, 2019, 205 с.
3. Лук'яненко В.М., Галич І.В., Жиліна О.О. Упровадження інтегрованих систем менеджменту на підприємствах України. *Стандартизація, сертифікація, якість. Науково-технічний журнал*, №1, 2012, С. 58-61.
4. Бичківський Р.В. Столярчук П.Г., Гамула П.Р. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація: підручник. 2-ге вид., випр. і доп. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2004, 560 с.

## МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ ТА ЕЛЕКТРОННЕ ОБЛАДНАННЯ МАШИН

Бажанов Д. Г.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Антощенко Р. В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Електронне обладнання широко застосовується на сучасних тракторах з метою автоматичного контролю і управління, завдяки яким суттєво підвищується ефективність використання тракторів по продуктивності, витраті палива і інших ресурсів і за умовами праці тракториста.

Доцільність застосування електронного обладнання визначається можливістю з її допомогою ухвалювати і переробляти великі обсяги інформації, необхідні для прийняття правильних рішень з управління трактором і його обслуговування. Завдяки цьому цілком або повністю усувається так званий інформаційний дискомфорт, пов'язаний або з недостатністю інформації, або з надмірною інтенсивністю її надходження через органи чуття людини, і приводить його до неоптимальним діям і втрат або до перевтоми. Електронне обладнання може як заповнювати недолік інформації, так і звільняти людину від деяких функцій контролю і управління, виконуючи їх без його участі в автоматичному режимі і більш раціонально [1].

На сучасних тракторах за допомогою електронного обладнання можуть виконуватися такі основні функції:

- контроль технічного стану і аварійний захист механізмів і систем трактора;
- контроль ходу технологічного процесу, що виконується МТ А, за кількісними та якісними показниками;
- управління моторно-трансмісійної установкою, що включає регулювання подачі палива в двигун, зміна передавального числа трансмісії, включення-виключення приводу додаткового провідного моста (на повнопривідних колісних тракторах) і блокування диференціалів і ряд допоміжних функцій;
- управління робочим обладнанням, в тому числі на сільськогосподарських тракторах через регулювання положення навісного пристрою;
- водіння по заданій траєкторії.

При цьому функції контролю полягають у пред'явленні трактористу інформації, що характеризує технічний стан трактора, режими роботи або хід технологічного процесу. Аварійний захист покликана не допустити розвитку виниклої несправності в аварію, яка викличе необхідність в трудомісткості і дорогого ремонту. Функції управління можуть виконуватися як в автоматичному режимі без будь-якої

участі водія (тракториста), так і в режимі4 вироблення рекомендацій трактористу (інформаційно-радять системи).

До складу електронного обладнання тракторів входять:

– датчики вимірюваних величин (параметрів), встановлені на різних вузлах і механізмах трактора (так як їх пристрій в основному аналогічно застосовуваним в електрообладнанні тракторів, тут надалі будуть описуватися головним чином загальні принципи конструкції датчиків, особливо не мають там аналогів);

- блоки сполучення з датчиками;
- блоки обробки інформації (контролери);
- пульти індикації та сигналізації;
- блоки сполучення з виконавчими механізмами;
- блоки вторинного електроживлення.

Ці складові частини (крім датчиків) конструктивно можуть являти собою як окремі вузли (вироби), так і виконуватися укрупненими аж до єдиного вузла. Останнє особливо характерно для сучасного електронного обладнання, широко використовує мікроелектронну техніку.

Датчики призначені для формування електричних сигналів, що несуть інформацію про значеннях вимірюваних величин - параметрів, що характеризують технічний стан механізмів і систем трактора, режими роботи механізмів і систем трактора і хід технологічного процесу, що виконується МТА [2]. У ряді випадків сигнал несе інформацію не про поточне значення параметра, а про результати порівняння цього значення з якимось заданим рівнем. В цьому випадку електричний сигнал датчика має тільки два значення (рівня). Одне означає, що вимірюваний параметр знаходиться в потрібному співвідношенні з заданим рівнем (норма), а інше відповідає виходу вимірюваного параметра за встановлену межу. Такі сигнали називають граничними, релейними або бінарними.

В інших випадках величина поточного значення вимірюваного параметра може перетворюватися в електричний сигнал різними способами. У найбільш поширених конструкціях датчиків перетворення пов'язане зі зміною опору дрютяного резистора, в зв'язку з чим змінюється величина струму або напруги в певній ланцюга (останнім часом все ширше застосовуються напівпровідникові резистори, особливо для вимірювання температури). Датчики такого типу прийнято відносити до аналогових. З їх допомогою вимірюються тиску, переміщення, температури.

#### Список літератури

1. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоелементних машинно-тракторних агрегатів: монографія. Х.: ХНТУСГ. «Міськдрук», 2017. 244 с.
2. Антощенко Р. В. Вимірювальна система динамічних та тягово-енергетичних показників функціонування мобільних машин [Текст] / Р.В. Антощенко // Інженерія природокористування – Харків: ХНТУСГ, 2014. – Вип. 2 (2). – С. 15-19.

## ЗМЕНШЕННЯ ШУМУ ВІД ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИСТРОЇВ АВТОМОБІЛЯ ЗІ ЗБЕРЕЖЕННЯМ ТАКТИЛЬНОЇ ЯКОСТІ

Жмурко Г.Т.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Кісь В.М.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Останнім часом рівень шуму в салоні легкового автомобіля значно знизився. Зниження основного шуму в кабіні призвело до розпізнавання невеликих шумів, які раніше залишалися непоміченими. Зокрема, шуми електричних пристроїв в пасажирських салонах були визначені такими, що належать до цієї категорії шуму.

Метою даного дослідження є поліпшення якості звуку кнопки автомобільного звуку при збереженні її тактильної якості, знайомої користувачам.

Тактильні і слухові якості можна описати характеристиками навантаження в залежності від ходу і рівня шуму при роботі. Для кнопок з гумовими куполами поведінка куполів у вигині визначає тактильні і слухові якості. Щоб зберегти тактильну якість, чутливість навантаження до характеристик ходу для кожного з восьми ідентифікованих параметрів виходить з аналізу методом кінцевих елементів з використанням параметрів моделі, змінюваних на  $\pm 10\%$  ( $D'_h$  – верхній діаметр куполоподібної головки;  $D_h$  – нижній діаметр куполоподібної головки;  $H_h$  – висота головки купола;  $A_s$  – кут спідниці;  $T_s$  – товщина спідниці;  $H_s$  – висота спідниці;  $D_s$  – діаметр спідниці і  $T_b$  – товщина базової плити).

Обирано чотири параметри, до яких тактильна якість була нечутливою ( $D_h$ ,  $T_b$ ,  $D_s$  і  $H_h$ ). Щоб визначити внесок цих чотирьох параметрів проектування в якість звуку, був проведений аналіз методом кінцевих елементів в поєднанні з плануванням експериментів. Покращений дизайн, отриманий в результаті подальшої оптимізації методології поверхні віддуку, був підтверджений тестом-прототипом зі зниженням шуму на 12 дБА. Кінцево-елементний аналіз проводився в поєднанні з плануванням експериментів.

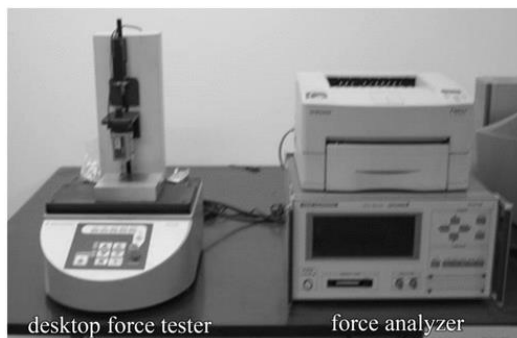


Рисунок 1. Апарат для вимірювання кривих сила-хід

Кнопка, розташована в футлярі, підтримується гумовим куполом, встановленим на друкованій платі.

Настільний тестер сили поштовхає гумовий купол, в той час як аналізатор сили записує і відображає силу реакції.

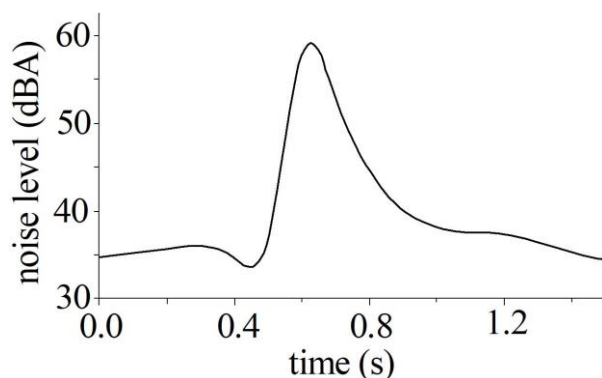


Рисунок 2. Рівень шуму кнопки автомобільного аудіо під час поштовху  
Максимальне значення досягло 59 дБА

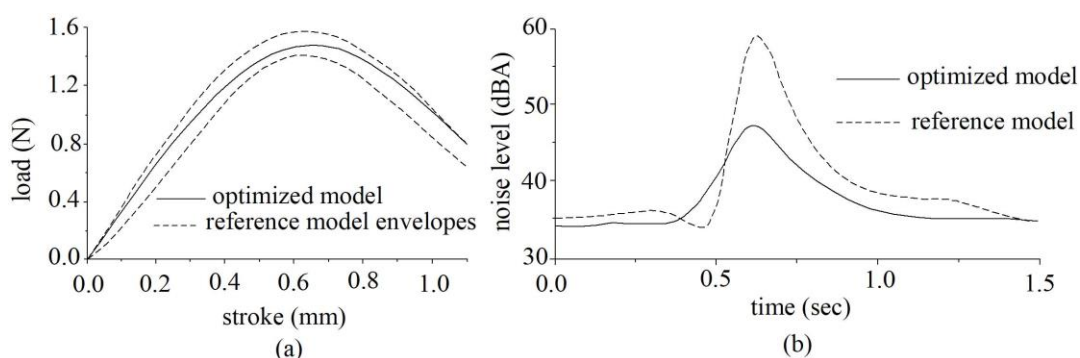


Рисунок 3. Порівняння оптимізованої і еталонної моделей кнопки аудіо:  
(a) криві сили-ходу і (b) криві шуму і часу

Пунктирні криві представляють верхню і нижню оболонки, отримані з даних тесту для ряду зразків звукових кнопок. Максимальний рівень шуму 59 дБА еталонної моделі знижується до 47 дБА з оптимізованою моделлю.

#### Список літератури

1. Lee, SK . Objective evaluation of interior sound quality in passenger cars during acceleration. J Sound Vib 2008; 310: 149–168.
2. Kim, TG, Kim, SJ, Lee, SK. Research for high sound quality for a passenger car. Trans Korean Soc Noise Vib Eng 2009; 19: 1158–1166.
3. Lee, KH, Park, DC, Kim, TG. Characteristics of the luxury sound quality of a premium class passenger car. SAE technical paper 2009-01-2183, 2009.

## СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ

Кузьоменський А.В.

**Науковий консультант:** ст. викл. Галич І.В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Суть статистичних методів контролю якості полягає в значному зниженні витрат на його проведення порівняно з органолептичними (візуальними, слуховими та ін.) із суцільним контролем, з одного боку, і у виключенні випадкових змін якості товару – з іншого. Використання статистичних методів в управлінні якістю регулюється відповідно до вимог [1] у вступній частині якого вказано призначення цього нормативного документу – надати допомогу організаціям у визначенні статистичних методів, які можуть бути корисними під час розробляння, впровадження, підтримування та поліпшування системи управління якістю відповідно до вимог [2]. Необхідність використання статистичних методів впливає з мінливості, яку можна спостерігати в поведінці та результатах практично всіх процесів, навіть за умов позірної стабільності.

Серед статистичних методів контролю якості найбільш поширені так звані сьомій інструментів контролю якості [3]:

- 1) діаграма Парето (Pareto Diagram);
- 2) причинно-наслідковий діаграма Ісікави (Cause and Effect Diagram);
- 3) контрольна карта (Contrat Chait);
- 4) гістограма (Histogram);
- 5) діаграма розкиду (Scatter Diagram);
- 6) метод розшарування (Stratification);
- 7) контрольні листки.

Статистичні методи допомагають вимірювати, описувати, аналізувати, тлумачити та моделювати цю мінливість навіть за відносно обмеженої кількості даних. Статистичний аналіз даних може забезпечити краще розуміння природи, масштабу та причини мінливості. Це може допомогти розв'язувати проблеми, які могли б виникнути через таку мінливість, і навіть запобігати їх виникненню.

### Список літератури

1. ДСТУ ISO/TR 10017:2005 Настанови щодо застосування статистичних методів згідно з ISO 9001:2000 (ISO/TR 10017:2003, IDT).
2. ДСТУ EN ISO 9001:2018 Системи управління якістю. Вимоги (EN ISO 9001:2015, IDT; ISO 9001:2015, IDT).
3. Нанка О.В., Антощенко Р.В., Кісь В.М. та ін. Загальне управління якістю: підручник. Харків: ХНТУСГ, 2019, 205 с.



## РОЗВИТОК ЄВРОПЕЙСЬКОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЗАКОНОДАВСТВА

Сизько А.А.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Кісь В.М.

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Законодавство ЄС мало за метою забезпечити вільний рух товарів на території ЄС за останні роки пройшло чотири основні етапи:

1) «Старий підхід» з детальними текстами нормативно-правових актів та нормативних документів, що містять всі необхідні технічні та адміністративні вимоги;

2) «Новий підхід», розроблений в 1985 році, який обмежив зміст законодавства до «суттєвих вимог», залишивши технічні деталі європейським гармонізованим стандартам;

3) розробка інструментів оцінки відповідності, що стала необхідною через впровадження різноманітних актів Гармонізованого законодавства ЄС як для Нового, так і для Старого підходів;

4) «Нові законодавчі рамки», прийняті в липні 2008 року, що були засновані на Новому підході та доповнили загальну законодавчу базу усіма необхідними елементами для ефективно оцінки відповідності, акредитації та ринкового нагляду, включаючи контроль продукції з-поза меж ЄС.

Старий підхід відображав традиційний спосіб, в який національні органи влади розробляли технічне законодавство, глибоко вдаючись в подробиці, як правило, на ґрунті невпевненості в чесності суб'єктів господарської діяльності в питаннях здоров'я та безпеки населення.

Новий підхід до технічної гармонізації та стандартів, дозволили ще спростити забезпечення продукції певним вимогам. В рамках Нового підходу вимагало, щоб гармонізовані стандарти надавали гарантований рівень захисту стосовно суттєвих вимог, для певної продукції.

Основний напрямок дії цих документів полягав в розробці спільних інструментів для оцінки відповідності в усіх сферах. Політика щодо стандартів на продукцію визначала технічні специфікації, відповідність яким може бути продемонстрована. Тому додатково до Нового підходу з'явилися Нові законодавчі рамки.

Нові законодавчі рамки враховували існування всіх суб'єктів господарської діяльності в ланцюгу постачання - виробників, уповноважених представників, розповсюджувачів та імпортерів, а також їх відповідні ролі по відношенню до продукції.

Найважливішою зміною, викликаною Новими законодавчими рамками у законодавчому середовищі ЄС, стало введення комплексної політики щодо ринкового нагляду.

Підписана у 2014 році Угода про асоціацію України з ЄС має сприяти поступовій інтеграції України до внутрішнього ринку ЄС та передбачало здійснення гармонізації національного законодавства із законодавством ЄС

Тому всі технічні регламенти у галузі метрології, що з'явилися в Україні після 2014 року, а саме Технічний регламент ЗВТ, Технічний регламент законодавчо регульованих ЗВТ та Технічний регламент щодо неавтоматичних зважувальних приладів, розроблені на основі Директив ЄС та є гармонізованими є їх вимогами.

В результаті повної імплементації Угоди Україна створить таку систему технічного регулювання, яка буде гармонізована з системою технічного регулювання ЄС та буде забезпечувати відповідність продукції, виробленої в Україні, вимогам ЄС.

#### Список літератури

1. Загальне управління якістю / О.В. Нанка, Р.В. Антощенко, В.М. Кісь, І.О. Листопад, Н.І. Моїсєєва, І.В. Галич, А.О. Никифоров. Харків: ХНТУСГ, 2019. 205с.
2. Лук'яненко В.М., Галич І.В., Губська Н.Е. Принципи впровадження системи екологічного менеджменту. Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. Вип. 135. 2013. С. 466-471.
3. Лук'яненко В.М., Галич І.В., Афанасьєва О.В. Інтегровані системи менеджменту. *Якість технологій та освіти. Збірник наукових праць УПА*. 2011. №2. С. 67-70.
4. Лук'яненко В.М., Галич І.В., Жиліна О.О. Упровадження інтегрованих систем менеджменту на підприємствах України. *Стандартизація, сертифікація, якість. Науково-технічний журнал*. 2012. С. 58-61.
5. Віткін Л., Андрійчук О., Баб'як О., Вівчарик В., Домницький Р., Закальська Т., Ковалевська Л., Коваленко Т., Литвиненко С., Нелепов А. Політика адаптації вітчизняного законодавства в галузі норм і стандартів до європейських вимог. Біла книга. Центр сприяння інституційному розвитку державної служби // Міжнародний центр перспективних досліджень. — 2006. — 98 с.

## РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ І ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

Бельский Б.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Лук'яненко В.М.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

В даний час якість виробів і процесів, що виготовляють підприємства тієї чи іншої галузі, визначає їхній престиж. Сільськогосподарські підприємства призначені забезпечити населення продуктами харчування, а сільськогосподарські машини характеризуються багатою номенклатурою та високою точністю. У зв'язку з цим забезпечувати високу якість виробництва необхідно, насамперед, на сільськогосподарських підприємствах, від діяльності яких залежить рівень життя людей. Для цього необхідно впровадити систему управління якістю (СУЯ) на базі вимог стандарту ДСТУ ISO 9001 [1], яка дозволяє підвищити рівень організованості управління, покращити взаємодію між службами і підрозділами підприємства, також постачальниками, що забезпечують сировиною, засобами праці і комплектуючими деталями і виробами, забезпечити покращення якості створеної продукції і підвищити економічні показники. Але для того, щоб успішно керувати підприємством і забезпечити його функціонування, необхідно оцінити ефективність функціонування СУЯ і її вплив на діяльність підприємства в цілому.

Питання результативності і ефективності впровадження СУЯ залишаються актуальними з моменту початку широкомасштабного використання стандартів МС ISO серії 9000, тобто більше 25 років.

Для вирішення цих питань були проведені аналізи:

- українського законодавства, міжнародних і національних стандартів, а також стан сертифікації на сільськогосподарських підприємствах України;
- методології розробки та впровадження системи управління якістю на підприємствах;
- методів оцінки якості та показників якості.

В результаті була розроблена оригінальна методика оцінки ефективності впровадження і функціонування системи управління якістю на сільськогосподарському підприємстві методами кваліметрії на базі вимог стандарту, яка включає:

Розроблена оригінальна методика оцінки ефективності системи управління якістю на сільськогосподарському підприємстві методами кваліметрії на базі вимог стандарту, яка включає:

математичну модель нормативного узагальнюючого показника якості;

методику впровадження системи управління якістю на сільськогосподарському підприємстві.

Згідно методики оцінка ефективності системи управління якістю на сільськогосподарському підприємстві визначається за показниками якості, ієрархія яких представлена на рисунку 1.



Рисунок 1. Ієрархічна схема показників системи управління якістю

Матриця методів оцінки процесів системи управління якістю сільськогосподарського підприємства

$$A = \begin{Bmatrix} K_{4.2} & K_{6.2} & K_{7.3} \\ K_{5.3} & K_{6.3} & K_{7.5} \\ K_{5.6} & K_{7.2} & K_{8.5} \end{Bmatrix} = K_{4.2}K_{6.3}K_{8.5} + K_{6.2}K_{7.5}K_{5.6} + K_{5.3}K_{7.2}K_{7.3} + K_{7.3}K_{6.3}K_{5.6} - K_{7.5}K_{7.2}K_{4.2} - K_{4.2}K_{6.2}K_{8.5}$$

- де K<sub>4.2</sub> – вимоги до документації;  
 K<sub>5.3</sub> – політика у сфері якості;  
 K<sub>5.6</sub> – аналізування з боку керівництва;  
 K<sub>6.2</sub> – людські ресурси;  
 K<sub>6.3</sub> – інфраструктура;

$K_{7.2}$  – процеси, що стосуються замовників;

$K_{7.3}$  - проектування та розроблення;

$K_{7.5}$  – виробництво і надання послуг;

$K_{8.5}$  – поліпшення.

$$A(\tau) = \begin{Bmatrix} K_{4.2\tau} & K_{6.2\tau} & K_{7.3\tau} \\ K_{5.3\tau} & K_{6.3\tau} & K_{7.5\tau} \\ K_{5.6\tau} & K_{7.2\tau} & K_{8.5\tau} \end{Bmatrix} = K_{4.2\tau} K_{6.3\tau} K_{8.5\tau} + K_{6.2\tau} K_{7.5\tau} K_{5.6\tau} + K_{5.3\tau} K_{7.2\tau} K_{7.3\tau} + K_{7.3\tau} K_{6.3\tau} K_{5.6\tau} - K_{7.5\tau} K_{7.2\tau} K_{4.2\tau} - K_{4.2\tau} K_{6.2\tau} K_{8.5\tau}$$

де  $\tau$  - проміжок часу функціонування системи управління якістю на підприємстві.

$$E = \frac{A(\tau)}{A} 100\%$$

де  $E$  – ефективність;

$A$  - модель нормативного узагальнюючого показника якості;

$A(\tau)$  – модель фактичних узагальнюючих показників якості.

В таблиці 1 представлена оцінка впровадженої системи якості на підприємстві.

Таблиця 1. Оцінка системи управління якістю методами кваліметрії

Система управління якістю	Методи оцінки
4.1 Загальні вимоги	Експертний
4.2 Вимоги до документації	Соціологічний
5 Відповідальність керівництва	Інтегральний: $K_5 = \sum_{i=1}^n \alpha B_i + \sum_{i=1}^n \beta C_i + \sum_{i=1}^n \gamma D_i + \sum_{i=1}^n \delta E_i,$ де $i = 1, \dots, n$ – пункти стандарту; $\alpha$ – ваговий коефіцієнт оцінки досягнення мети; $B_i$ – оцінка досягнення мети; $\beta$ – ваговий коефіцієнт оцінки відповідності стандартам підприємства; $C_i$ – оцінка відповідності стандартам якості підприємства; $\gamma$ – ваговий коефіцієнт результативності процесів підприємства; $D_i$ – оцінка результативності процесів.
5.1 Зобов'язання керівництва	
5.2 Орієнтація на замовника	
5.3 Політика у сфері якості	
5.4 Планування	
5.5 Відповідальність, повноваження та інформування	
5.6 Аналізування з боку керівництва	
6 Управління ресурсами	Інтегральний
7 Випуск продукції	Комплексний

Продовження таблиці 1

7.1 Планування випуску продукції	Експертний
7.2 Процеси, що стосуються замовників	Експертний
7.3 Проектування та розроблення	Інтегральний
7.4 Закупівля	Узагальнюючий
7.5 Виробництво і надання послуг	Інтегральний
7.6 Управління засобами моніторингу та вимірювальної техніки	Диференціальний, порівняння з еталоном
8 Вимірювання, аналізування та поліпшення	Порівняння
8.2 Моніторинг та вимірювання	Порівняння з запланованими заходами
8.3 Управління невідповідною продукцією	Порівняння з еталоном
8.4 Аналізування даних	Порівняння з минулим роком
8.5 Поліпшення	Експертний

Реалізація нормативноправових актів у сфері управління якістю дає змогу організувати ефективну систему законодавчого й нормативного забезпечення якості та безпеки продукції. Серед основних завдань такої системи слід назвати взаємопов'язане функціонування законодавчих актів і нормативних положень на всіх рівнях — від загальних законів щодо проблем безпеки продукції до вимог нормативних документів на конкретні види об'єктів стандартизації. Усе це означає подальший розвиток системи захисту інтересів споживачів.

Список літератури

1. ДСТУ ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT). Системи управління якістю. Вимоги – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 32с.
2. Загальне управління якістю / О.В. Нанка, Р.В. Антощенко, В.М. Кісь, І.О. Листопад, Н.І. Моїсєєва, І.В. Галич, А.О. Никифоров. Харків: ХНТУСГ, 2019. 205 с.
3. Лук'яненко В.М., Галич І.В., Губська Н.Е. Принципи впровадження системи екологічного менеджменту. *Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка*. Вип. 135. 2013. С. 466-471.
4. Лук'яненко В.М., Галич І.В., Афанасьєва О.В. Інтегровані системи менеджменту. *Якість технологій та освіти. Збірник наукових праць УПА*. 2011. №2. С. 67-70.
5. Лук'яненко В.М., Галич І.В., Жиліна О.О. Упровадження інтегрованих систем менеджменту на підприємствах України. *Стандартизація, сертифікація, якість. Науково-технічний журнал*. 2012. С. 58-61.

## ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЯКОСТІ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Пазіненко К.М.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Кісь В.М.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Підвищення якості – одна із форм конкурентної боротьби, завоювання і втримання позицій на ринку зокрема на зовнішньому. Основними причинами зниження якості продукції є погана якість сировини, низький рівень технології, організації виробництва і кваліфікації робітників, неритмічність виробництва тощо. Вирішення проблеми підвищення якості продукції аграрних підприємств на зовнішньому ринку – це насамперед високий їхній імідж серед покупців, це розширення зовнішніх ринків, це основа для одержання максимального прибутку та забезпечення стійкого фінансового становища [1].

Проблема підвищення якості продукції на зовнішньому ринку має кілька аспектів: технологічний, організаційний, економічний, соціальний, юридичний та комерційний, при цьому вирішення економічних питань є першочерговими [2].

Система якості функціонує водночас із рештою видів діяльності, які впливають на якість аграрної продукції чи послуги і взаємодіють з ними, її дія поширюється на усі етапи, від початкового до кінцевого задоволення вимог і потреб споживача як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Система управління якістю продукції аграрних підприємств при виході на зовнішній ринок повинна охоплювати комплекс етапів життєвого циклу продукції, в який повинні входити проведення маркетингових досліджень, виробництво продукції і послуг та контроль їх якості, розробка нових видів продукції і послуг, продаж та постачання продукції і послуг споживачам. Перераховані етапи представлені у вигляді «петлі якості» [3]:

Таблиця 1. Петля якості

Якість процесів життєвого циклу	Якість результатів
Якість процесів маркетингу і проектування	Проектна якість продуктів праці
Якість процесів виробництва	Виробнича якість продуктів праці
Якість процесів експлуатації	Експлуатаційна якість продуктів праці

### Список літератури:

1. Удосконалення системи управління якістю. URL: <http://global-national.in.ua/archive/7-2015/64.pdf>. Дата запити 20.05.2020
2. Загальне управління якістю / О.В. Нанка, Р.В. Антощенко, В.М. Кісь, І.О. Листопад, Н.І. Моїсеєва, І.В. Галич, А.О. Никифоров. Харків: ХНТУСГ, 2019. 205 с.
3. Лук'яненко В.М., Галич І.В., Губська Н.Е. Принципи впровадження системи екологічного менеджменту. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка*. Вип. 135. 2013. С. 466-471.

## УНІФІКАЦІЯ ЯК СПЕЦІАЛЬНИЙ МЕТОД СТАНДАРТИЗАЦІЇ

Ліман В.Р

**Науковий консультант:** ст. викл. Галич І.В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*м. Харків, Україна*

Під уніфікацією розуміється один з найважливіших методів стандартизації, що полягає в приведенні об'єктів однакового функціонального, конструктивного або технологічного призначення до однакової шляхом раціонального скорочення невиправданої різноманітності елементів цих об'єктів. Практично це означає, що уніфікація має на меті скоротити різноманітність виробів (машин, агрегатів, вузлів, деталей) для скорочення різноманітності систем, в яких ці вироби застосовуються. Варто помітити, що при виробництві нових виробів в рамках більших технічних систем: підприємств, галузей промисловості уникнути їхньої невиправданої різноманітності практично неможливо.

В основі уніфікації рядів деталей, вузлів, агрегатів, машин і приладів лежить їх конструктивна подібність, що визначається спільністю робочого процесу, умов роботи виробів, тобто спільністю експлуатаційних вимог.

Уніфікація – найбільш поширений та ефективний метод стандартизації, який передбачає приведення об'єктів до одноманітності на основі встановлення раціонального числа їх різновидів. Уніфікація спрямована на зниження кількості різновидів виробів за рахунок їх комбінування та змін конструкцій.

Уніфікація найпоширеніша й найефективніша форма стандартизації. Уніфікацію можна здійснювати до стандартизації, якщо її результати не оформляються стандартом. Але стандартизація виробів, їх складових частин і деталей обов'язково припускає їх уніфікацію. Якщо розробляється стандарт, який будуть застосовувати в декількох галузях промисловості, допускається більше число типорозмірів. Подальше їх скорочення може бути досягнуте шляхом складання галузевих або внутрішньозаводських обмежувальних переліків типорозмірів виробів, їх складових частин і деталей. Уніфікації підлягають також марки матеріалів, їх властивості й розміри, процеси, інструменти, технологічне оснащення, методи випробування, документація, термінологія, позначення.

Уніфікованим є виріб, що створений на базі деякої кількості раніше існуючих різних виконань, шляхом приведення їх до єдиного оптимального виконання. Ступінь уніфікації нового або проектного виробу визначається його насиченість елементами інших виробів, уже освоєних у виробництві.



Основними цілями уніфікації є:

- 1) прискорення темпів науково-технічного прогресу шляхом скорочення строків розробки, підготовки виробництва, виготовлення проведення технічного обслуговування й ремонту виробів;
- 2) забезпечення високої якості й взаємозамінності виробів і їхніх складених елементів;
- 3) зниження витрат на проектування й виготовлення виробів;
- 4) зменшення трудомісткості виготовлення.

Завданнями уніфікації є:

- використання в знову створюваних групах виробів однакового або близького функціонального призначення раніше спроектованих, освоєних у виробництві складених елементів (агрегатів, вузлів, деталей);
- розробка уніфікованих складених елементів для застосування в знову створювані або модернізуємих виробках ;
- розробка конструктивно-уніфікованих рядів виробів;
- обмеження доцільним мінімумом номенклатури виробів, що дозволяються до застосування, і матеріалів.

Об'єктами уніфікації можуть бути виробу масового, серійного й одиничного виробництва. Номенклатуру виробів, що підлягають уніфікації, визначають, виходячи з важливості і перспективності цих виробів, обсягу й характеру їхнього виробництва, наявності стандартів на основні параметри виробів і їхніх складових частин, характеру взаємозв'язку уніфікованих виробів з іншими виробами в процесі виробництва й застосування. Базою уніфікації є стандартизація з її системою переважних чисел, що дозволяє встановлювати оптимальні значення параметрів і розмірів виробів, а також комплексів стандартів на основні норми, що забезпечують взаємозамінність уніфікованих деталей, вузлів (агрегатів), виробів.

#### Список літератури:

1. Осипчук Д. І., Білих В. С., Галич І. В. Правові основи стандартизації і метрології в Україні. *Сучасні проблеми взаємозамінності та стандартизації у машинобудуванні: матеріали VI Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і здобувачів вищої освіти.* - Миколаїв: МНАУ, 2018. С. 7-18.
2. Іванов Г.О., Шибанін В.С., Д.В. Бабенко та ін. Взаємозамінність, основи стандартизації та технічних вимірювань: підручник. Миколаїв: МНАУ, 2016, 412 с.
3. Кісь В. М., Галич І. В., Никифоров А. О., Заярний Р. П., Мартемянов О. В. Стандартизація сільськогосподарської техніки України. *Сучасні проблеми взаємозамінності та стандартизації у машинобудуванні: матеріали VII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і здобувачів вищої освіти,* Миколаїв: МНАУ, 2019. С. 58-66.

## АГРЕГАТУВАННЯ ЯК МЕТОД СТАНДАРТИЗАЦІЇ

Савченко М.Р.

**Науковий консультант:** ст. викл. Никифоров А.О.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка  
м. Харків, Україна*

Агрегативання - це метод конструювання машин і устаткування шляхом застосування обмеженої кількості уніфікованих і стандартних деталей і складальних одиниць, що володіють функціональною і геометричною взаємозамінністю.

Цей метод дозволяє скомпонувати нову машину з вже розроблених і освоєних виробництвом складальних одиниць і агрегатів, а не створювати її як оригінальну, єдину у своєму роді. Це дозволяє значно збільшити потужності підприємств без зайвих витрат, без збільшення виробничих площ.

Принципи агрегативання знайшли застосування у всіх галузях машинобудування. В даний час метод агрегативання знаходить особливо широке застосування при створенні технологічного устаткування і засобів механізації самого різного призначення, наприклад металорізальних верстатів, бурових верстатів, очисних комбайнів та ін.

Послідовність роботи по агрегативанню технологічного обладнання (у загальному вигляді) представлена у вигляді ряду етапів (табл. 1).

Система класифікації деталей дозволить створювати устаткування для обробки деталей в межах однієї або декількох класифікаційних груп.

**Таблиця 1. Послідовність роботи по агрегативанню технологічного обладнання**

Найменування етапу	Результати виконання етапу
1. Розробка системи класифікації деталей, оброблюваних на агрегатному технологічному обладнанні	Методика вибору деталей для обробки на обладнанні агрегатному
2. Розробка методів переналаджування елементів технологічного процесу і створення оптимальних типових технологічних процесів	Методика вибору характеру і ступеня варіації елементів технологічного процесу - і типізація технологічних процесів
3. Розробка методів членування обладнання на агрегати і вузли системи класифікації та переліку агрегатів і вузлів устаткування для різних типів виробництва	Технічні завдання на проектування агрегатів і вузлів. Комплекс стандартів на основні параметри агрегатів та вузлів технологічного устаткування
4. Розробка наукових основ створення оптимальних компоновок агрегатного обладнання	Стандартизація схем оптимальної компоновок агрегатного устаткування в залежності від виду виробництва
5. Розробка показників якості окремих агрегатів та агрегатного устаткування	Стандарти на показники якості агрегатного обладнання
6. Дослідно-конструкторські та експериментальні роботи по створенню обладнання	Робочі креслення, виготовлення та випробування дослідних зразків
7. Розробка рекомендацій по створенню спеціалізованого виробництва агрегатів і вузлів	Організація спеціалізованого виробництва стандартних вузлів і агрегатів і проектно-монтажних баз

Безперервне вдосконалення і розвиток техніки вимагають більш часті зміни об'єктів виробництва і, отже, його переналагодження. Характер переналагодження виробничого процесу залежить від виду виробництва. Від послідовності і характеру технологічних процесів залежить компонування агрегатних верстатів і ліній.

Велике значення має раціональне членування обладнання, створення переліку агрегатів і складальних одиниць, яка повністю відповідає вимогам виробництва. Розчленування конструкції обладнання повинно бути таким, щоб з мінімального числа типорозмірів вузлів можна було створювати максимальну кількість компоновок обладнання. Результатом проведення цієї роботи повинні бути параметричні стандарти і технічні завдання на проектування складальних одиниць.

Розробка оптимальних схем компоновок дозволяє створювати в залежності від виду виробництва економічно найбільш доцільні вузли і встановлювати послідовність їх роботи в тій чи іншій компоновці.

Розробка показників якості агрегатного устаткування ведеться паралельно або з випередженням дослідно-конструкторських та експериментальних робіт по створенню агрегатного устаткування. Це один з найважливіших етапів роботи. Показники якості та їх конкретні значення встановлюються в залежності від конструкції, призначення вузла і т. п.

На етапі дослідно-конструкторських розробок виготовляються макети, відбувається відпрацювання окремих елементів, складаються робочі креслення і випробовуються досвідчені зразки агрегатів і складальних одиниць.

Останній етап - розробка рекомендацій з організації спеціалізованих виробництв складальних одиниць і агрегатів і прокатно-монтажних баз агрегатного устаткування. На цьому етапі визначається потреба промисловості в тому чи іншому вигляді обладнання і дається повне техніко-економічне обґрунтування створення спеціалізованих виробництв.

Таким чином, з сказаного вище випливає, що базою агрегування є стандартизація, а її впровадження вимагає розробки параметричних стандартів і стандартів на показники якості різних типів складальних одиниць і агрегатів машин.

#### Список літератури:

1. Осипчук Д. І., Білих В. С., Галич І. В. *Правові основи стандартизації і метрології в Україні. Сучасні проблеми взаємозамінності та стандартизації у машинобудуванні: матеріали VI Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і здобувачів вищої освіти.* - Миколаїв: МНАУ, 2018. С. 7-18.

2. Іванов Г.О., Шибанін В.С., Д.В. Бабенко та ін. *Взаємозамінність, основи стандартизації та технічних вимірювань: підручник.* Миколаїв: МНАУ, 2016, 412 с.

| Анотації тез доповідей конференції

## ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МАШИН В ПРОЦЕСІ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Коваль В.Р.

**Науковий консультант:** д.т.н., проф Кухтов В.Г.

Наведені основні напрямки досліджень підвищення працездатності машин при їх експлуатації у сільськогосподарському виробництві

**Ключові слова:** підвищення працездатності, експлуатація, енергонасиченість, МТП.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТРІЩИН У ЗВАРНИХ З'ЄДНАННЯХ ЧАВУННИХ ДЕТАЛЕЙ

Коленчук В.Д.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Романченко В.М.

Розглянута загальна характеристика холодних тріщин у зварних з'єднаннях чавунних деталей.

**Ключові слова:** зварні з'єднання, холодні тріщини, чавунні деталі.

## ОБТИСК НАКОНЕЧНИКІВ РУКАВІВ ІМПУЛЬСНИМ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ

Абалмасов О.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Свіргун О.А.

Розглянуто особливості застосування обробки матеріалів великими потужностями і високою питомою енергією.

**Ключові слова:** Імпульсне магнітне поле, обробка матеріалів, конденсатор.

## ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕНЬ З УПРАВЛІННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МАШИН

Думіндяк С.Б.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Савченко В.Б.

Наведені основні проблеми досліджень з працездатності машин їх характеристика і способи вирішення.

**Ключові слова:** працездатність, дослідження, апроксимація.

## ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РІЗАННЯ РОТАЦІЙНИМИ РІЗЦЯМИ

Пісклов М.С.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Аветісян В.К.

Розглянуто переваги продуктивності різання ротаційними різцями.

**Ключові слова:** ротаційні різці, стійкість інструмента, внутрішні поверхні із чавуну, гільзи автотракторних двигунів.

## АНАЛІЗ ВТОМНОЇ МІЦНОСТІ ВАЛУ БАРАБАНА СЕПАРАТОРА КБС 1270.4.00.

Котляр А. В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Свіргун О.А.

Об'єктом дослідження є втомна міцність вала барабана сепаратора КБС 1270.4.00.

**Ключові слова:** довговічність, зварні з'єднання, ймовірність, нормальний розподіл.

## УСТАЛОСТНАЯ ПРОЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ КОМБИНИРОВАННЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Щурский Д.С., Афанасенко Д.Е.

**Научный консультант:** к.т.н., доцент Миранович А.В.

Выполнены исследования усталостной прочности поверхностей, полученных комбинированным технологическим способом, с учетом химического состава композиционных ферромагнитных порошков.

**Ключевые слова:** усталостная прочность, магнитно-электрическое упрочнение и поверхностное пластическое деформирование покрытий, композиционные ферромагнитные порошки.

## МЕТОДИ КОРИГУВАННЯ МІЖКАЛІБРУВАЛЬНИХ ІНТЕРВАЛІВ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Бойко О.С.

**Науковий консультант:** ст. викл. Галич І.В.

Наведено кілька простих методів для оцінювання та коригування міжкалібрувальних інтервалів і їхньої придатності для різних типів ЗВТ.

**Ключові слова:** Засоби вимірювальної техніки, калібрування, інтервал.

## НЕВКАЗАНИ ГРАНИЧНИ ВІДХИЛИ ЛІНІЙНИХ ТА КУТОВИХ РОЗМІРІВ

Беззубенко В.І.

**Науковий консультант:** ст. викл. Галич І.В.

Приведено переваги та недоліки спрощеного позначення на кресленнях і основні допуски для лінійних та кутових розмірів без індивідуального позначення допусків. Вказано позначення невказаних граничних відхилів лінійних та кутових розмірів на кресленнях.

**Ключові слова:** граничні відхили, допуск, технічні вимоги.

## ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНІЗОВАНОЮ НАПЛАВКОЮ З ТЕРМОМЕХАНІЧНИМ ЗМІЦНЕННЯМ

Донський А.В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Романченко В.М.

Розглядається відновлення зношених деталей механізованою наплавкою з термомеханічним зміцненням.

**Ключові слова:** механізована наплавка, відновлення, термомеханічне зміцнення, зношення деталей.

## БУДОВА РОСЛИН ТА ПРИСТОСУВАННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДО ЇХ ОБРОБІТКУ ПРИ ДИСКУВАННІ

Зубко В.М., к.т.н., доцент

Розглянуто особливості та потреба проведення поверхневого обробітку ґрунту дисковими знаряддями з агровимогами

**Ключові слова:** збирання, дискування, агровимоги, шкідники, хвороби.

## ДО МОЖЛИВОСТІ КОНТРОЛЮ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРА К-424

Петров Р.М.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Калінін Є.І.

Поставлене питання про необхідність вдосконалення технічного обслуговування і діагностування основних агрегатів, зокрема, коробки передач трактора К-424.

**Ключові слова:** коробка передач, фрикційна муфта, експлуатація, діагностика.



## ДО ЗАСТОСОВУВАННЯ ПРОГРЕСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Попенко Н.В., Кривенко В.В., Сушко А.А., Тарасов Д.В., Ковальчук С.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Сакно О. П.

Доводиться необхідність застосування структурного синтезу щодо запропонування основних характеристик прогресивних технологій нового покоління в системі технічного обслуговування та ремонту автотранспортних засобів.

**Ключові слова:** автотранспортний засобів, технологія нового покоління, система технічного обслуговування.

## ВІДНОВЛЕННЯ ПЛУЖНИХ ЛЕМІШІВ ДВОШАРОВИМ НАПЛАВЛЕННЯМ

Гайденко В.В.

**Науковий консультант:** доцент Бантковський В.А.

Розроблена технологія відновлення плужних лемішів двошаровим наплавленням.

**Ключові слова:** плужний леміш, двошарове наплавлення, відновлення, зміцнення.

## ВИЯВЛЕННЯ РОЗПОДІЛУ КОМПОНЕНТІВ СПЛАВУ В СТРУКТУРНИХ СКЛАДОВИХ ХРОМОНІКЕЛЕВОГО ЧАВУНУ

Кур'янов О.С.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Автухов А.К.

Досліджено розподіл хімічних елементів в металевій матриці і карбідні фазі у робочому шарі формуючих інструментів з хромонікелевого чавуну.

**Ключові слова:** карбідна фаза, металева матриця, хімічний склад, мікрорентгеноспектральний аналіз

## ВИКОРИСТАННЯ ФЕРРОАБРАЗИВНОГО ПОРОШКУ НА ОСНОВІ СВС-МЕТОДУ ДЛЯ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Залуцкий М.А.

**Наукові консультанти:** к.т.н., доцент Сергеев Л.Е.,  
ст. викладач Сенчуров Е.В.

Досліджено ферроабразивний порошок, отриманий СВС-методом, проаналізовані його властивості. Проведено порівняння з порошком, отриманого методом лиття.

**Ключові слова:** магнітно-абразивна обробка, ферроабразивний порошок, СВС-метод.

## ДО РОЗРАХУНКУ ДЕТАЛЕЙ І СПРЯЖЕНЬ МАШИН НА ДОВГОВІЧНІСТЬ

Колісник В.А.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Блезнюк О.В.

Представлені функції математичного сподівання випадкової функції процесу зношування в період сталої швидкості зношування з врахуванням номінальних величин.

**Ключеві слова:** абразивне зношування, напруження, знос, довговічність

## ІМІТАЦІЙНЕ ПРИСКОРЕННЯ ВИПРОБУВАННЯ ТЕХНІКИ З ОБЕРТОВИМИ МЕХАНІЗМАМИ

Сірко І.І.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Дмитрів В.Т.

Наведено особливості уможливлення імітаційного прискорення випробування техніки з обертовими механізмами, навантаження імітується зовнішнім збурюючим момент у вигляді першої гармоніки коливань у формі розкладу ряду Фур'є.

**Ключові слова:** імітаційне випробування, момент, ряд Фур'є.

## ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ТОЧІННЯ КІБОРІТОМ НА РАДІУС КРИВИНИ ВЕРШИН НЕРІВНОСТЕЙ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ НАПЛАВЛЕННЯ

Данець М.В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Рідний Р.В.

Запропонована математична модель для отримання оптимального значення параметру мікроегеометрії - радіусів кривини вершин нерівностей при точінні круглими пластинами із кіборіту наплавлених поверхонь.

**Ключові слова:** наплавлення, приповерхневі шари, механічна обробка, мікроегеометрія, оптимізація параметру.

## ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ МОБІЛЬНИХ МАШИН СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Мікла І. А.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Антощенко Р. В.

Розглянуто конструкції вимірювальних системи параметрів функціонування мобільних машин сільськогосподарського призначення.

**Ключові слова:** вимірювальна система, пристрій, датчик.

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ МЕХАНІЗМУ ОБЕРТАННЯ ПЛУНЖЕРІВ ПАЛИВНИХ НАСОСІВ РОЗПОДІЛЬЧОГО ТИПУ

Марченко М.М.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Калінін Є.І.

Розглянуто питання ремонту насосів розподільчого типу, зокрема, механізму обертання.

**Ключові слова:** паливні насоси, насосна секція, поломка, мертвий хід, люфт.

## ДО ПИТАННЯ ПЕРЕВІРКИ ГІДРАВЛІЧНОЇ ЩІЛЬНОСТІ ПЛУНЖЕРНИХ ПАР

Задерихін Є.М.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Кухтов В.Г.

Приведена методика перевірки стану плунжерних пар паливних насосів дизельних двигунів шляхом вимірювання гідравлічної щільності.

**Ключові слова:** Гідравлічна щільність, плунжерна пара, гідроощільність, кореляція, надійність.

## ДИНАМІЧНА НАВАНТАЖЕНІСТЬ ХОДОВОЇ СИСТЕМИ АГРЕГАТУ ЗМІННОЇ МАСИ

Попов Є.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Кожушко А.П.

Досліджується вплив перерозподілу мас в тракторній напівпричпній цистерні з різним рівнем наповненості на величину динамічної навантаженості її ходової системи.

**Ключові слова:** трактор, напівпричпна цистерна, динамічна навантаженість.

## ПІДВИЩЕННЯ МІЖРЕМОНТНОГО РЕСУРСУ ЧАВУННИХ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ

Мухортов С.М.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Сайчук О.В.

Вдосконалено технологічний процес відновлення чавунного колінчастого валу.

**Ключові слова:** колінчастий вал, чавун, технологічний процес.

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ГІДРОПРИВОДІВ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ ТРАКТОРІВ І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Крюков В.В.

**Науковий консультант:** доцент Сиромятніков П.С..

Запропоновано метод зниження трудомісткості діагностування, технічного обслуговування і ремонту гідроприводів навісних систем, гідроагрегатів тракторів і с. м машин шляхом спільного контролю працездатності і пошуку їх несправностей.

**Ключові слова:** гідросистема, працездатність, діагностування, дискретний контроль

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Хартанович А.М.

**Научный консультант:** к.т.н., доцент Романюк Н.Н.

Предложена конструкция высевающего устройства, позволяющая повысить его производительность.

**Ключевые слова:** высевающее устройство, минеральные удобрения, высевающая катушка с параболическими желобками.

## ДО ПИТАННЯ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З НЕПОВНОЮ СФЕРИЧНОЮ ПОВЕРХНЕЮ НА ПРИКЛАДІ ПАЛЬЦІВ АВТОМОБІЛЬНИХ КУЛЬОВИХ ШАРНІРІВ

Перепелиця Д.О.

**Науковий консультант:** доцент Сиромятніков П.С.

Розроблена технологія обкатування кульками і пристрої для її здійснення, такі як планетарна головка для обробки сферичних поверхонь і однокульковий розкатник.

**Ключові слова:** кульковий палець, відновлення, зміцнення, поверхневе пластичне деформування, однокульковий розкатник.

## ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Бармак В.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Мартишко В.М.

Встановлено, що удосконалення машин для внесення твердих мінеральних добрив йде в напрямку підвищення продуктивності за рахунок збільшення основних технічних параметрів: швидкість, ширина захвату; місткість бункера; покращення надійності завдяки використанню більш якісних корозійностійких матеріалів.

**Ключові слова:** машин для внесення добрив, добрива мінеральні, продуктивність, якість внесення.

## СИСТЕМА ОРІЄНТАЦІЇ РОБОТА АЕРОДИНАМІЧНИМ ПРИТИСНЕННЯМ ДО ПОВЕРХНІ

Гришуков Д. В.

**Науковий консультант:** ст. викл. Никифоров А. О.

Описано метод отримання кутів орієнтації робота. Оцінена помилка визначення орієнтації робота при різних положеннях робота на площині і кутах нахилу площини до горизонту при різних швидкостях обертання крильчатки вентилятора. Проведено частотно-часовий аналіз даних, отриманих з акселерометра.

**Ключові слова:** орієнтація робота, аеродинамічне притиснення, arduino.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ КУЛЬТИВАТОРНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ

Сироваткін Р.С.

**Науковий консультант:** д.т.н, професор Козаченко О.В.

Розглянуто перспективні напрямки підвищення ефективності машино-тракторних агрегатів шляхом вдосконалення конструкцій робочих органів сільськогосподарських машин та забезпечення стійкості руху при виконанні технологічного процесу.

**Ключові слова:** машинно-тракторний агрегат, експлуатаційна надійність, культиватор, робочі органи, стійкість руху.

## ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ ЗАСОБІВ ХІМІЗАЦІЇ УЛЬТРАМАЛООБ'ЄМНИМ СПОСОБОМ

Лук'яненко О.В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Лук'яненко В.М.

Описаний спосіб підповерхневого внесення рідких засобів хімізації з дозованим розподілом робочої рідини в стані піни по ширині оброблювальної полоси і нанесення її на об'єкт обробки.

**Ключові слова:** засоби хімізації, спосіб, підповерхневе внесення.

## ОСНОВНІ ДЕФЕКТИ ШЛІЦЬОВИХ ДЕТАЛЕЙ КАРДАННИХ ПЕРЕДАЧ

Буданов Д.І.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Сайчук О.В.

Розглянуто основні дефекти шліцьових деталей карданних передач.

**Ключові слова:** дефекти, карданні передачі, шліцьові деталі.

## ВІДНОВЛЕННЯ ПРЕЦИЗІЙНИХ ДЕТАЛЕЙ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Фірсов С.В.

**Науковий консультант:** к.е.н., доцент Колпаченко Н.М.

Розглянуті методи зниження механічних втрат у двигунах внутрішнього згорання.

**Ключові слова:** паливна апаратура, коефіцієнт тертя, дизельні двигуни.

## ОГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАПОБІЖНИХ ЗАСОБІВ ГІДРОПРИВОДІВ МОБІЛЬНИХ МАШИН

Обихвіст Я.Ю.

**Науковий консультант:** д.т. н, професор Козаченко О.В.

Показано, що проблема забезпечення герметичності гідравлічних систем, зменшення втрат робочої рідини може бути досягнуто за рахунок підвищення надійності конструктивних елементів, а також створення спеціальних захисних пристроїв.

**Ключові слова:** гідросистема, робоча рідина, втрати робочої рідини, запобіжні пристрої гідросистем.

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ГОЛОВНОЇ БАЛКИ ОДНОБАЛКОВОГО МОСТОВОГО КРАНУ

Свіргун В.В.

**Науковий консультант:** к.т.н., ст. викл. Гнатенко Г.А.

Розглядається напружено-деформований стан головної балки крана. Перший варіант - балка складається з двотаврів різних розмірів. Другий варіант - головна балка з полегшуючими отворами.

**Ключові слова:** кран однобалковий, напруження, переміщення.

## ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РЕАЛЬНОГО ТВЕРДОФАЗНОГО СВС-ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ МОДИФІКУЮЧОГО КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

Лузан А.С.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Лузан С.О.

Доводиться теоретичне обґрунтування твердофазного СВС в реальних системах з порошкоподібними реагентами.

**Ключові слова:** твердофазний СВС, композиційний матеріал, газова фаза.



## ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ З'ЄДНАННЯ ШИП ХРЕСТОВИНИ-ВТУЛКА

Альчук К.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Дмитрів І.В.

Приведена методика двофакторного планованого експерименту дослідження конструкційних параметрів з'єднання шип хрестовини-втулка.

**Ключові слова:** фактор, планований експеримент, критерій відгуку.

## РЕЖИМИ РОБОТИ ОБЧІСУВАЛЬНОЇ ЖАТКИ ЯК ОБ'ЄКТ АДАПТАЦІЇ

Підгорній С.В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент, Смолінський С.В.

Обґрунтовується доцільність адаптації режимів роботи обчисувальної жатки до умов збирання із застосуванням систем адаптації в схемі зернозбирального комбайна.

**Ключові слова:** зернові культури, ефективність збирання, обчисувальна жатка, режими роботи.

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КОРМОДРОБАРОК

Дубровіна О.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Новицький А.В.

Ефективне використання кормодробарок визначається дотриманням вимог експлуатації, технологій технічного обслуговування і ремонту, забезпеченням кваліфікації персоналу.

**Ключові слова:** кормодробарка, надійність, відмова, технічне обслуговування, ремонт.

## ІНЕРЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ

Вишнякова А. О.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Антощенко Р. В.

Розглянуто конструкцію та принцип дії інерційно-вимірювального пристрою.

**Ключові слова:** акселерометр, гіроскоп, датчик.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО РЕМОНТУ ОБ'ЄМНИХ ГІДРОПРИВОДІВ

Яндюк Б.І.

**Науковий консультант:** доцент Сиромятніков П.С.

Для підвищення міжремонтного ресурсу відремонтованих об'ємних гідроприводів перспективним технологічним рішенням є нанесення на робочі поверхні деталей покриттів з необхідними функціональними якостями методом електроіскрової обробки.

**Ключові слова:** об'ємний гідропривід, довговічність, міжремонтний ресурс, електроіскрова обробка

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕФОРМУВАННЯ ПАКЕТУ ГНУЧКИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРУЖНОЇ МУФТИ

Думанчук М.Ю., старший викладач

Розглянуто механізми фретинг-корозії гнучких елементів пружних муфт та виявлено їх ділянки з найбільшою інтенсивністю фретинг-корозії.

**Ключові слова:** муфта, фретинг-корозія, надійність.

## ВІДНОВЛЕННЯ КУЛАЧКІВ РОЗПОДІЛЬНОГО ВАЛУ ПЛАЗМОВИМ НАПЛАВЛЕННЯМ

Огульчанський А.Г.

**Науковий консультант:** к.е.н., доцент Колпаченко Н.М.

Розглядається відновлення кулачків розподільного валу плазмовим наплавленням.

**Ключові слова:** кулачки розподільного валу, плазмове наплавлення, відновлення, ДВЗ.

## ВІДНОВЛЕННЯ ЗОВНІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ПОРИСТИМИ ПОКРИТТЯМИ

Омельченко В.А.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Романченко В.М.

Відновлення зовнішньої поверхні вкладишів циліндрів з пористими покриттями методом електроіскрової обробки.

**Ключові слова:** електроіскрова обробка, пористі покриття, гільзи циліндрів.

## ОСНОВНІ НЕСПРАВНОСТІ ГОЛОВОК БЛОКУ І МЕХАНІЗМУ ГАЗОРОЗПОДІЛУ ДВИГУНІВ

Гожа Д.М.

**Науковий консультант:** доцент Бантковський В.А.

Розглянуті основні несправності головок блоку і механізму газорозподілу двигунів.

**Ключові слова:** газорозподільний механізм, двигун, тепловий зазор, якість відновлення.

## ДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ЦПГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Поставка П.Л., Тильнов М.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Сорокін С.П.

Доводиться що пневматична характеристика пневмотестера має нелінійний характер. Для підвищення точності вимірювання діагностичного параметра та зниження вірогідності діагностичної помилки конструкція пневмотестера повинна виконуватися по схемі з одним вимірювальним приладом.

**Ключові слова:** циліндро-поршнева група, пневмотестер, пневматична характеристика пневмотестера.

## ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ДІАГНОСТИКИ ЦПГ ДИЗЕЛІВ ЗА ТЕМПЕРАТУРНИМ ПАРАМЕТРОМ КАМЕРИ ЗГОРАННЯ

Джанаєва О.Е.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Дмитрів І.В.

Наведена методика дослідження залежності температури в камері згорання від пробігу ДВЗ із використанням сучасного вимірювального обладнання та ефективних методів опрацювання.

**Ключові слова:** коефіцієнт Стюдента, сенсор, температурний параметр.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ НАРУЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Миранович Н.А.

**Научный консультант:** к.т.н. Ворошуха О.Н.

Разработан технологический процесс магнитно-абразивной обработки наружных цилиндрических поверхностей восстановленных деталей с регенерацией абразивной щетки.

**Ключевые слова:** технологический процесс, устройство, магнитно-абразивная обработка, наружные цилиндрические поверхности, ферроабразивные порошки.

## КЛЮЧОВІ ЗАВДАННЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ОБІГОВИМИ КОШТАМИ

Пономаренко М.Є.

**Науковий консультант:** доцент Сиромятніков П.С.

Проведені теоретичне дослідження можливості прогнозування величини витрат на придбання запасних частин для підтримки необхідної експлуатаційної надійності автомобільної техніки і, математична формалізація моделі прогнозування витрат на зазначений вид ресурсів за життєвий цикл автомобіля.

**Ключові слова:** ефективність, автотранспортні системи, запасні частини, модель прогнозування потоку витрат.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ НА РОБОЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГУМОМЕТАЛЕВИХ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ

Гусев О. В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Свіргун О.А.

Проведено дослідження впливу швидкості на основні робочі характеристики підшипників: деформацію опорної поверхні, максимальний тиск на найбільш навантаженому сегменті, мінімальну товщину водяного шару.

**Ключові слова:** гумометалевий підшипник, змащування водою, робочі характеристики, швидкість.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ ЩЕПЛЕНЬ ДВИГУНІВ

Саух М.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., старший викладач Банний О.О.

Характерними причинами втрати працездатності зчеплення є наступні: тріщини, пробоїни в корпусних деталях, зломи деталей, зношування підшипників та їх посадочних місць.

**Ключові слова:** двигун, зчеплення, дефект, ремонт, розбирання, складання.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ СКЛАДНОЇ ТЕХНІКИ ВПРОВАДЖЕННЯМ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ РОЗБИРАННЯ ВИРОБІВ

Коноплянченко Є.В., к.т.н., доцент, Яременко В.П., к.т.н., доцент,  
Герасименко В.О., к.ф.-м.н., доцент, Люй Донгмей, аспірант  
Приведена методика формалізації процесу автоматизації селективного  
розбирання відповідальних виробів на етапі їх ремонту та модернізації  
**Ключові слова:** мехатронні системи, селективне розбирання, кінематичні  
переміщення, роботи.

## МАТЕРІАЛИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ ЛАЗЕРНОМУ НАПЛАВЛЕННІ

Гнатишин Є.Р.  
**Науковий консультант:** д.т.н., професор Сайчук О.В.  
Розглядаються порошкові матеріали, що забезпечують технологію лазерного  
наплавлення.  
**Ключові слова:** лазерне наплавлення, порошки, твердість покриттів.

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНІВ

Зубов Є.С.  
**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Романченко В.М.  
Розглянуто способи підвищення зносостійкості робочої поверхні гільз циліндрів  
двигунів.  
**Ключові слова:** зносостійкість, гільзи тракторних двигунів, поверхневе  
загартування, монолітні гільзи.

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ, ЩО НАДАЮТЬ МОЖЛИВІСТЬ РЕГУЛЮВАТИ РІВЕНЬ ВНУТРІШНІХ НАПРУЖЕНЬ У РОБОЧОМУ ШАРІ ФОРМУЮЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ З ХРОМОНІКЕЛЕВОГО ЧАВУНУ

Кур'янов О.С., Мухомедьянов С.О

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Автухов А.К.

Наведені технологічні процеси, які дозволяють регламентувати параметри лиття та кристалізації виливків валків і підтримувати рівень експлуатаційних характеристик їх робочого шару на оптимальному рівні.

**Ключові слова:** хромонікелевий чавун, прокатні валки, робочий шар, структурні перетворення, коерцитивна сила

## 3-D ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТРЬОХ КООРДИНАТНОГО ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ З ДРОТУ

Серпутько Р.С.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Дмитрів В.Т.

Наведено особливості конструкції і модель 3-D пристрою для трьох координатного виготовлення виробів з дроту. Діапазон діаметру дроту 2-18 мм.

**Ключові слова:** модель об'ємна, пристрій, сервопривід.

## ВПЛИВ УМОВ ТОЧІННЯ НАПЛАВЛЕНИХ ДЕТАЛЕЙ РІЗЦЯМИ ІЗ ПНТМ НА КУТ НАХИЛУ ВИСТУПІВ МІКРОНЕРІВНОСТЕЙ

Брефалов М.В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Рідний Р.В.

Запропонована математична модель для отримання оптимального значення параметру мікрогеометрії – кута нахилу твірних виступів мікронерівностей при точінні різцями із круглих пластин із ПНТМ типу кіборіт поверхонь, відновлених наплавленням.

**Ключові слова:** наплавлення, механічна обробка, профілограма, мікронерівності, оптимізація параметру.

## ВІДНОВЛЕННЯ БРОНЗОВИХ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИМ НАПІКАННЯМ ПОРОШКІВ

Сергеев Б.К.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Сайчук О.В.

Досліджено параметри відновлення бронзових деталей сільськогосподарської техніки методом електроконтактного напикання порошків.

**Ключові слова:** електроконтактне напикання порошків, бронзові деталі, зношення, корпусні деталі.

## НАПЛАВОЧНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПЛУЖНОГО ЛЕМІША

Патик В.Ю.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Аветісян В.К.

Розглянуто наплавочні матеріали, які використовуються для відновлення плужного леміша шляхом утворення зносостійкого покриття на основі чавуну.

**Ключові слова:** плужний леміш, чавун, відновлення, зварювальний дріт.

## СПОСОБИ КРІПЛЕННЯ ЦИЛІНДРІВ ПРИ ЇХ ВІДНОВЛЕННІ

Астахов В.О.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Сайчук О.В.

Розглянуті методи кріплення циліндрів при обробці їх внутрішньої поверхні.

**Ключові слова:** циліндри, діафрагменні гідравлічні пристосування, спосіб кріплення циліндрів



## ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ДИЗЕЛЬНОЇ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ

Турлов С.Г.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Манойло В.М.

Розроблено новий універсальний пристрій для перевірки дизельної паливної апаратури, який максимально використовує в своїй конструкції відомі технічні рішення і серійні блоки.

**Ключові слова:** паливна апаратура, пристрій, датчик, блок-схема, тиск, розпилювач, голка розпилювача, форсунка, регулятор.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ШЛЯХОМ МОНІТОРІНГУ ЇХ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

Харченко В.В.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Козаченко О.В.

Розглянуто перспективні напрями підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів в умовах підприємств, процеси розглядаються на основі аналізу статистичної інформації про відмови окремих агрегатів і систем, застосування сучасного діагностичного обладнання, раціональних підходів до системи технічного обслуговування та ремонту.

**Ключові слова:** Експлуатаційна надійність, транспортні засоби, процес діагностування, система технічного обслуговування та ремонту.

## ДО КОМПРЕСОГРАФ НА БАЗІ USB – ОСЦИЛОГРАФА І ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ ДВЗ

Калашник В., Шевляков В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Сорокін С.П.

Доводиться що для підвищення інформативності та точності вимірювання компресії по циліндрам ДВЗ оптимально застосовувати спосіб діагностування шляхом аналізу осцилограми динамічної компресії отриманої за допомогою датчика тиску і USB–осцилографа на пусковому режимі.

**Ключові слова:** циліндро-поршнева група, USB–осцилограф, датчик тиску, осцилограма тиску.

## БОРТОВІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Сизько А. А.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Антощенко Р. В.

Розглянуто основи конструкторської бортових інформаційних систем сільськогосподарської техніки.

**Ключові слова:** бортова система, комп'ютер, датчик.

## КОМП'ЮТЕРНА ДІАГНОСТИКА ТА МОНІТОРИНГ СТАНУ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

Сергієнко О.А.

**Науковий консультант:** Боговєсов О.С.

Наводиться характеристика комп'ютерної діагностики та моніторингу.

**Ключові слова:** комп'ютерна діагностика, моніторинг.

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ БЕЗКАБЕЛЬНОГО КОНТРОЛЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ МАШИНИ

Тополя П.А.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Поляшенко С.О.

Розроблена структурна схема системи безкабельного автоматичного контролю. Визначено раціональну смугу пропускання системи для радіоімпульсів, часові параметри і характеристики системи.

**Ключові слова:** система автоматичного контролю, радіоімпульси, радіочастоти, розклад Фур'є.

## УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ДАТЧИК ВІДСТАНІ

Сміцков Д. С.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Антощенко Р. В.

Розглянуто конструкцію та принцип дії ультразвукового датчика відстані на прикладі НС-SR04.

**Ключові слова:** ультразвук, відстань, датчик.

## ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ РОЗРОБКИ ЕКСПРЕС-ТЕСТУ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ

Лупенко В.В.

**Науковий консультант:** к.т.н. Колеснік І.В.

Напрямок досліджень визначено необхідністю розробки експрес-методу оцінки технічного стану рульового керування трактора на транспортних роботах, який забезпечує оперативну оцінку керованості трактора

**Ключові слова:** експрес-тест, гідрооб'ємне керування, рульове керування, демонтаж, несправність, відмова.

## НАПРУЖЕННЯ НА ВАЛАХ ТРАКТОРА ХТЗ – 17221 ПРИ ВИКОНАННІ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ АГРЕГАТАМИ ЗМІННОЇ МАСИ

Котляр А.В.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Калінін Є.І.

Розраховано напруження на валах трактора ХТЗ-17221 при виконанні транспортно-технологічної операції агрегатами змінної маси

**Ключові слова:** напруження, КПП, вал, агрегати змінної маси.

## ДІАГНОСТУВАННЯ ГІДРООБ'ЄМНОГО РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ

Білих В.С.

**Науковий консультант:** к.т.н. Колеснік І.В.

Експрес-метод діагностування гідрооб'ємного рульового керування трактора

**Ключові слова:** гідрооб'ємне рульове керування, прискорення, діагностування, кутове прискорення.

## ОСОБЛИВОСТІ І ПЕРСПЕКТИВИ ДІАГНОСТУВАННЯ ДВИГУНІВ ЕНЕРГОНАСИЧЕНИХ ТРАКТОРІВ

Корнієнко В.В.

**Науковий консультант:** к.т.н. Колеснік І.В.

Розглянуто особливості і перспективи діагностики двигунів енергонасичених тракторів.

**Ключові слова:** віброакустика, безрозбірність енергонасиченість, діагностика, ресурс, надійність, потужність.

## ДО ОЦІНКИ РЕСУРСУ ТРАКТОРІВ МТЗ-920 ПІСЛЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ

Петров Р.М.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Калінін Є.І.

Приведене визначення післяремонтного ресурсу тракторів, визначення умов експлуатації і їх вплив на ресурс.

**Ключові слова:** ресурс, експлуатація, відмова, граничний стан, капітальний ремонт.

## ПРОБЛЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ МАШИН ПО ТЕХНІЧНОМУ СТАНУ

Котець О.Ю.

**Науковий консультант:** к.т.н., Колеснік І.В.

Розглянуто проблеми технічного обслуговування і ремонту машин за технічним станом, а також недостатню ефективність застосовуваної протягом багатьох років традиційної системи планово-попереджувального обслуговування і ремонту машин.

**Ключові слова:** технічне обслуговування, ефективність, діагностика, профілактичні заходи, відмова, допуски.

## ВІДНОВЛЕННЯ ПРЕЦИЗІЙНИХ ДЕТАЛЕЙ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Мальцев В.М.

**Науковий консультант:** к.е.н., доцент Колпаченко Н.М.

Розроблена технологія відновлення плунжерних пар паливних насосів дизельних двигунів із застосуванням низькотемпературного методу сульфохромування в хімічно активній ванні.

**Ключові слова:** дизельні двигуни, прецизійні деталі, технологічний процес.

## ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ВАЛ» ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОЮ ПРИВАРКОЮ ДРОТУ

Думчиков В.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Аветісян В.К.

Розглядається відновлення деталей типу "Вал" електроконтактною приваркою дроту.

**Ключові слова:** наплавлення, деталь типу "Вал", електроконтактна приварка, вуглецеві присадочні дроти.

## ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ВІДНОВЛЕННЯ ЛІЖОК БЛОКУ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНУ КАМАЗ-740.100

Білик І.С.

**Науковий консультант:** доцент Сиромятніков П.С.

Для підвищення міжремонтного ресурсу відремонтованих об'ємних гідроприводів перспективним технологічним рішенням є нанесення на робочі поверхні деталей покриттів з необхідними функціональними якостями методом електроіскрової обробки.

**Ключові слова:** об'ємний гідропривід, довговічність, міжремонтний ресурс, електроіскрова обробка

## ВІДНОВЛЕННЯ ДИСКОВИХ СОШНИКІВ СІВАЛОК

Кондратенко М.А., Фисун С.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Новицький А.В.

Представлено основні методи підвищення довговічності дискових сошників сівалок шляхом впровадження у виробництво сучасних технологій їх зміцнення.

**Ключові слова:** сошник, сівалка, довговічність, відмова, відновлення, ремонт.

## УПРАВЛІННЯ ВІБРАЦІЙНИМ СТАНОМ РОБОТА В УМОВАХ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ

Нищеглод В. В.

**Науковий консультант:** ст. викл. Никифоров А. О.

Наведено результати дослідження вібраційної навантаженості елементів системи «робот-інструмент-поверхня» в нормі і в екстремальних ситуаціях, в яких можливі високі рівні вібрацій, заклинювання і навіть поломка елементів системи.

**Ключові слова:** робот-інструмент-поверхня, механічна обробка, автоматизація.

## УМОВИ РОБОТИ ТА ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛУ ПОРШНІВ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Грачов О.О.

**Науковий консультант:** доцент Бантковський В.А.

Розглядаються умови роботи та вимоги до матеріалу поршнів двигуна внутрішнього згорання.

**Ключові слова:** теплопровідність, міцність, поршень, двигун внутрішнього згорання,

## ПОРИСТІ МАТЕРІАЛИ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОКРИТТІВ

Дудка В.В.

**Науковий консультант:** д.т.н., професор Тришевський О.І.

Розглянуто застосування пористих покриттів як одного із засобів підвищення зносостійкості.

**Ключові слова:** зносостійкість, пористі покриття, довговічність, надійність, припрацювання.

## HIGH POROSITY POLY(TETRAFLUOROETHYLENE) FOR WATER-FUEL EMULSION SEPARATION

Pchelnik N.O.

**Scientific advisor:** Ph. D. Kaliuzhnyi O.B.

High porosity poly(tetrafluoroethylene) was used to separate water-fuel emulsion. The porous material was prepared with and without a pore-forming additive. A high efficiency of water separation from fuels using porous poly(tetrafluoroethylene) prepared using a pore-forming additive has been proven.

**Keywords:** high-porosity poly(tetrafluoroethylene), water-fuel emulsion

## ОСОБЛИВОСТІ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ В РЕЖИМІ «ОНЛАЙН»

Соколік С.П.

Розглянуто особливості застосування технологій диференційованого внесення добрив в режимі «онлайн».

**Ключові слова:** внесення добрив, точне землеробство, диференційоване внесення добрив, сенсор.

## ДО ВИЯВЛЕННЯ ЗАКОНІВ РОЗПОДІЛУ ЧАСУ ВІДНОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КАР'ЄРНИХ ЕКСКАВАТОРІВ

Петров Р.М.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Калінін Є.І.

Доводиться належність рядів часу відновлення різних елементів кар'єрних екскаваторів єдиному закону гамма-розподілу.

**Ключові слова:** кар'єрний екскаватор, час відновлення, закон гамма-розподілу.

## ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ НАПОВНЕННЯ, ЗАЛИШКОВИХ ГАЗІВ І ПРОДУВАННЯ ПРИ СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАННЯХ ДИЗЕЛІВ З ТУРБОНАДДУВОМ

Ярмак І.І.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Манойло В.М.

Приведена методика визначення коефіцієнта наповнення, коефіцієнта продувки і коефіцієнта залишкових газів на прикладі хімічного аналізу газів.

**Ключові слова:** коефіцієнт наповнення, коефіцієнт залишкових газів, коефіцієнт продування, газовідбірник, газ, паливний насос.



## ВИМІРЮВАННЯ ДІЙСНОЇ ШВИДКОСТІ РУХУ МАШИН

Холод Р. В.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Антощенко Р. В.

Розглянуто датчики призначені для вимірювання дійсної швидкості руху машин.

**Ключові слова:** мехатронні системи, електронне обладнання, датчик.

## ЗНИЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ СИЛОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ТРАКТОРА ЗА РАХУНОК ЗМІНИ КРУТИЛЬНОЇ ЖОРСТКОСТІ РЕАКТИВНОГО ЛАНЦЮГУ

Абалмасов О.О.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Калінін Є.І.

Розглянуто спосіб зниження динамічної навантаженості силової передачі трактора за рахунок зміни крутильної жорсткості реактивного ланцюгу.

**Ключові слова:** навантаженість, продуктивність, 3D-модель, реактивна сила.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МТА ШЛЯХОМ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

Ващекін Д.Ю.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Свіргун О.А.

Під час досліджень запропоновано пристрій, який забезпечує постійний моніторинг навантаження двигуна протягом усього діапазону роботи відцентрового важеля з регульованою швидкістю за рахунок постійного контакту з ним та основним пристроєм індуктивної котушки заліза.

**Ключові слова:** пристрій, моніторинг, навантаження, експлуатація МТА, дизель.

## **ЗБІЛЬШЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАКТОРА ШЛЯХОМ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕМЕНТІВ ГІДРОМЕХАНІЧНОЇ ТРАНСМІСІЇ**

Дорошенко Д.Ю.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Іванов В.І.

У роботі розглядаються способи зниження динамічної системи навантаження "двигун внутрішнього згоряння-гідродинамічна передача" на основі теоретичних та експериментальних досліджень резонансних коливань кручення. Встановлені межі та резонансна зона, показані способи підвищення продуктивності елементів передачі.

**Ключові слова:** динамічне навантаження, гідродинамічна передача, резонансні коливання, продуктивність.

## **ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЯГОВО- ДОВАНТАЖУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДО ПРИЧЕПУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ**

Думіндяк С.Б.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Калінін Є.І.

Обґрунтована доцільність підвищення ефективності використання причіпних тракторних транспортних агрегатів, що потребує вдосконалення тягово-довантажувального пристрою і дослідження розподілу ваги агрегату, обладнаного вдосконалим, за його опорними катками.

**Ключові слова:** завантаженість, підроначіпка, тягово-довантажувальній пристрій.

## **ПІДВИЩЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЯКОСТЕЙ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА ТРАКТОРА ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Коваль В.Р.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Свіргун О.А.

Розглянуті результати експлуатаційних досліджень трактора, оснащеного універсальним регулятором з автоматичним перемиканням режимів регулювання.

**Ключові слова:** енергоресурси, економічність, регулятор.

## ПІДВИЩЕННЯ ПЛАВНОСТІ ХОДУ МАШИНО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ НА БАЗІ КОЛІСНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ТЯГОВОГО КЛАСУ 1,4

Марченко М.М.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Іванов В.І.

Використання пружних елементів, ближчих до ведучих коліс приводу, ефективніше зменшує, як динамічне навантаження в трансмісії, так і коливання магістралі трактора.

**Ключові слова:** енергонасичені транспортні засоби, продуктивність, МТА, амплітуда.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ, ОБЛАДНАНИХ ГАЗОБАЛОНИМ УСТАТКУВАННЯМ

Панасовський В.О.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Калінін Є.І.

Для широкого впровадження тракторів, оснащених газовими балонами, у сільському господарстві необхідно визначити техніко-економічні та екологічні показники тракторів, що працюють на газоподібному паливі, обґрунтування вимог безпеки та розроблення заходів щодо безпеки та обслуговування.

**Ключові слова:** нафтопродукти, газодизельний цикл, економічність.

## ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТРАКТОРНО- ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТУ ВИМИКАННЯМ ЧАСТИНИ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНА

Соколов Д.Д.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Свіргун О.А.

Передбачається, що підвищення ефективності спалювання палива в робочих циліндрах та зниження механічних втрат двигуна в відключених циліндрах призведе до зниження загального споживання палива, що, в свою чергу, призведе до зниження питомих витрат енергії на реалізацію транспорту процес.

**Ключові слова:** економічність, циліндр, тракторно-транспортний агрегат.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРИЧІПНИХ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИНО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ ЗА РАХУНОК ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЇХ СТІЙКОСТІ

Бурзак Д.Є.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Іванов В.І.

Аналіз способу підвищення ефективності використання причіпних  
грунтообробних машино-тракторних агрегатів за рахунок покращення показників  
їх стійкості

**Ключові слова:** стабільність, маневреність, тягово-зчіпні пристрої, продуктивність.

## ПОКРАЩЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ РАМНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ЇХ ВІДНОВЛЕННІ ТА РЕМОНТІ

Жакун С.П.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Калінін Є.І.

Основними факторами, що впливають на довговічність, є пошкодження рами  
тріщинами та корозією. Зниження провідних факторів та процесів руйнування  
полягає у використанні неефективних технологічних операцій з виготовлення,  
обслуговування та ремонту каркасних конструкцій транспортних засобів.

**Ключові слова:** напружено-деформований стан, відновлення, ремонт, тріщини,  
корозія.

## ПІДВИЩЕННЯ КЕРОВАНОСТІ І СТІЙКОСТІ РУХУ МАШИННО- ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ З ФРОНТАЛЬНИМ НАЧІПНИМ ЗНАРЯДДЯМ

Заяц М.І.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Свіргун О.А.

Забезпечення високої продуктивності роботи тракторного агрегату з  
інструментом переднього обробітку ґрунту, зберігаючи стабільність його руху за  
рахунок зменшення негативного впливу опору інструменту на поворот агрегату  
при переміщенні між рядами оброблюваних культур.

**Ключові слова:** керованість, стійкість руху, фронтальне начіпне знаряддя,

## СТАБІЛІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ МТА ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ПНЕВМОГІДРАВЛІЧНОЇ МУФТИ ЗЧЕПЛЕННЯ

Буряківський В.В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Іванов В.І.

Обґрунтування стабілізації режимів роботи МТА за рахунок використання пневмогідролічної муфти зчеплення.

**Ключові слова:** пневмогідролічна муфта, енергонасичена техніка, продуктивність, довговічність, надійність.

## РОЗУМНІ І ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

Кісь О. В.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Антощенко Р. В.

Наведено поняття розумних і інтелектуальних систем та технологій.

**Ключові слова:** розумні та інтелектуальні системи, технології.

## ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ МЕТАЛООБРОБКИ ЗАСТОСУВАННЯМ МІНЕРАЛОКЕРАМІЧНИХ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Голуб І.В.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Фабричнікова І.А.

Доведено економічну доцільність і актуальність впровадження у виробництво мінералокерамічних інструментальних матеріалів, зокрема різців з силініту – Р і кортиніту, для обробки загартованих сталей, чавунів і наплавлених матеріалів високої твердості.

**Ключові слова:** загартовані сталі, наплавлені матеріали, швидкості різання, різці, твердий сплав, силініт-Р, кортиніт.

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕХАТРОННИХ ТА РОЗУМНИХ СИСТЕМ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ТЕХНІЦІ

Козлов О. С.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Антощенко Р. В.

Наведено особливості застосування мехатронних та розумних систем в сільськогосподарській техніці.

**Ключові слова:** мехатронні, розумні системи, сільськогосподарська техніка.

## ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ РОБОЧОЇ ЧАСТИНИ НОЖІВ КЕНІГСФЕЛЬДСЬКОГО ТИПУ

Замета К.С.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Фабричнікова І.А.

Наведені практичні рекомендації оптимальної величини кута торцювання та аналітичні залежності для визначення геометричних параметрів робочої частини кенігсфельдського ножа.

**Ключові слова:** різання, бурякорізальні ножі, кут торцювання, ріжуча кромка.

## АНАЛІЗ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ НАПРЯМОМ РУХУ

Кравченко В. В.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Антощенко Р. В.

Наведено аналіз мехатронних систем керування напрямом руху.

**Ключові слова:** мехатронна система, керування, GPS.

## ДО ПИТАННЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТУ ЯКОСТІ

Гудзенко К.О.

**Науковий консультант:** ст. викл. Галич І.В.

Приводяться традиційна та прогресивна модель керування якістю на підприємствах та наводяться деякі приклади визначення ефективності функціонування системи менеджменту якості на підприємствах.

**Ключові слова:** менеджмент якості, модель керування, ефективність системи.

## МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ ТА ЕЛЕКТРОННЕ ОБЛАДНАННЯ МАШИН

Бажанов Д. Г.

**Науковий консультант:** д.т.н., доцент Антощенко Р. В.

Наведено доцільність застосування електронного та мехатронного обладнання на машинах сільськогосподарського призначення.

**Ключові слова:** мехатронні системи, електронне обладнання, датчик.

## ЗМЕНШЕННЯ ШУМУ ВІД ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИСТРОЇВ АВТОМОБІЛЯ ЗІ ЗБЕРЕЖЕННЯМ ТАКТИЛЬНОЇ ЯКОСТІ

Жмурко Г.Т.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Кісь В.М.

Приведено аналіз досліджень зв сфері поліпшення якості звуку кнопки автомобільного звуку при збереженні її тактильної якості, знайомої користувачам

**Ключові слова:** якість звуку, шум, пристрій.

## СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ

Кузьоменський А.В.

**Науковий консультант:** ст. викл. Галич І.В.

Зроблено аналіз нормативних документів стосовно методів статистичного контролю управління якістю, наведено сім основних традиційних інструментів.

**Ключові слова:** управління якістю, сім інструментів, статистичні методи.

## РОЗВИТОК ЄВРОПЕЙСЬКОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЗАКОНОДАВСТВА

Сизько А.А.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Кісь В.М.

Наведено аналіз підходів до технічної гармонізації стандартів в ЄС. Акцентовано увагу на тому, що новий підхід до технічної гармонізації та стандартів, дозволить ще спростити забезпечення продукції певним вимогам.

**Ключові слова:** стандарт, гармонізація, підходи.

## РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ І ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

Бельский Б.О.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Лук'яненко В.М.

Пропонується методика оцінки ефективності впровадження і функціонування системи управління якістю на підприємстві методами кваліметрії.

**Ключові слова:** система менеджменту якості, кваліметрія, оцінка ефективності.



## ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЯКОСТІ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Пазіненко К.М.

**Науковий консультант:** к.т.н., доцент Кісь В.М.

Наведено етапи системи управління якістю продукції аграрних підприємств при виході на зовнішній ринок, яка повинна охоплювати комплекс етапів життєвого циклу продукції.

**Ключові слова:** система якості, кваліметрія, життєвий цикл, петля якості.

## УНІФІКАЦІЯ ЯК СПЕЦІАЛЬНИЙ МЕТОД СТАНДАРТИЗАЦІЇ

Ліман В.Р

**Науковий консультант:** ст. викл. Галич І.В.

У роботі наведено опис спеціального метода стандартизації – уніфікація. Описано основні завдання та критерії цього метода. Наведено основні цілі.

**Ключові слова:** стандартизація, уніфікація, метод.

## АГРЕГАТУВАННЯ ЯК МЕТОД СТАНДАРТИЗАЦІЇ

Савченко М.Р.

**Науковий консультант:** ст. викл. Никифоров А.О.

У роботі наведено опис спеціального метода стандартизації – агрегування. Описано основні завдання та критерії цього метода. Наведено принципи цього метода на різних етапах розробок.

**Ключові слова:** стандартизація, уніфікація, метод.

## ЗМІСТ

### **Коваль В.Р.**

Основні напрямки досліджень щодо підвищення працездатності машин в процесі їх експлуатації у сільськогосподарському виробництві ..... 13

### **Коленчук В.Д.**

Загальна характеристика тріщин у зварних з'єднаннях чавунних деталей ..... 14

### **Абалмасов О.О.**

Обтиск наконечників рукавів імпульсним магнітним полем ..... 15

### **Думіндяк С.Б.**

Основні проблеми досліджень з управління працездатності машин ..... 16

### **Пісклов М.С.**

Підвищення продуктивності різання ротаційними різцями ..... 17

### **Котляр А.В.**

Аналіз втомної міцності валу барабану сепаратора КБС 1270.4.00. .... 18

### **Щурский Д.С., Афанасенко Д.Е.**

Усталостная прочность деталей, восстановленных комбинированным технологическим способом ..... 22

### **Бойко О.С.**

Методи коригування міжкалібрувальних інтервалів засобів вимірювальної техніки ..... 26

### **Беззубенко В.І.**

Невказані граничні відхилення лінійних та кутових розмірів ..... 28

### **Донський А.В.**

Відновлення зношених деталей механізованою наплавкою з термомеханічним зміцненням ..... 30

### **Зубко В.М.**

Будова рослин та пристосування робочих органів машин до їх обробітку при дискуванні ..... 33

### **Петров Р.М.**

До можливості контролю коробки передач трактора К-424 ..... 36

<b>Попенко Н.В., Кривенко В.В., Сушко А.А., Тарасов Д.В., Ковальчук С.О.</b> До застосування прогресивних технологій в системі технічного обслуговування автотранспортних засобів .....	37
<b>Гайденко В.В.</b> Відновлення плужних лемішів двошаровим наплавленням .....	40
<b>Кур'янов О.С.</b> Виявлення розподілу компонентів сплаву в структурних складових хромонікелевого чавуну .....	41
<b>Залуцкий М.А.</b> Использование ферроабразивного порошка на основе СВС-метода для магнитно-абразивной обработки деталей сельскохозяйственной техники ....	43
<b>Колісник В.А.</b> До розрахунку деталей і спряжень машин на довговічність .....	47
<b>Сірко І.І.</b> Імітаційне прискорення випробування техніки з обертовими механізмами .....	50
<b>Данець М.В.</b> Вплив параметрів точіння кіборітом на радіус кривини вершин нерівностей поверхневого шару наплавлення .....	52
<b>Мікла І. А.</b> Вимірювальні системи параметрів функціонування мобільних машин сільськогосподарського призначення .....	54
<b>Марченко М.М.</b> Дослідження стану механізму обертання плунжерів паливних насосів розподільчого типу .....	59
<b>Задерихін Є.М.</b> До питання перевірки гідравлічної щільності плунжерних пар .....	61
<b>Попов Є.О.</b> Динамічна навантаженість ходової системи агрегату змінної маси.....	63
<b>Мухортов С.М.</b> Підвищення міжремонтного ресурсу чавунних колінчастих валів .....	65

<b>Крюков В.В.</b>	
Шляхи підвищення працездатності гідроприводів робочого обладнання тракторів і сільськогосподарських машин.....	66
<b>Хартанович А.М.</b>	
Повышение производительности устройства для внесения минеральных удобрений.....	67
<b>Перепелиця Д.О.</b>	
До питання розробки технології відновлення деталей з неповною сферичною поверхнею на прикладі пальців автомобільних кульових шарнірів .....	69
<b>Бармак В.О.</b>	
Шляхи удосконалення машин для внесення твердих мінеральних добрив.....	72
<b>Гришуков Д. В.</b>	
Система орієнтації робота аеродинамічним притисненням до поверхні .....	73
<b>Сироваткін Р.С.</b>	
Підвищення експлуатаційної надійності культиваторного машинно-тракторного агрегату .....	75
<b>Лук'яненко О.В.</b>	
Підвищення якості внесення рідких засобів хімізації ультрамалооб'ємним способом .....	77
<b>Буданов Д.І.</b>	
Основні дефекти шліцьових деталей карданних передач .....	81
<b>Фірсов С.В.</b>	
Способи зниження механічних втрат у двигунах внутрішнього згорання.....	82
<b>Обихвіст Я.Ю.</b>	
Оґрунтування параметрів запобіжних засобів гідроприводів мобільних машин...	83
<b>Свіргун В.В.</b>	
Дослідження напружено-деформованого стану головної балки однобалкового мостового крану.....	85
<b>Лузан А.С.</b>	
Теоретичне обґрунтування реального твердофазного СВС-процесу отримання модифікуючого композиційного матеріалу для електродугового наплавлення деталей .....	87

<b>Альчук К.О.</b> Дослідження конструкційних параметрів з'єднання шип хрестовини-втулка.....	91
<b>Підгорній С.В.</b> Режими роботи обчисувальної жатки як об'єкт адаптації .....	93
<b>Дубровіна О.О.</b> Особливості забезпечення працездатності кормодробарок.....	96
<b>Вишнякова А. О.</b> Інерційно-вимірювальний пристрій.....	98
<b>Яндюк Б.І.</b> Дослідження працездатності та розробка технологічних рекомендацій по ремонту об'ємних гідропроводів.....	100
<b>Думанчук М.Ю.</b> Дослідження особливостей деформування пакету гнучких елементів пружної муфти .....	103
<b>Огульчанський А.Г.</b> Відновлення кулачків розподільного валу плазмовим наплавленням .....	105
<b>Омельченко В.А.</b> Відновлення зовнішньої поверхні гільз циліндрів пористими покриттями .....	106
<b>Гожа Д.М.</b> Основні несправності головок блоку і механізму газорозподілу двигунів .....	107
<b>Поставка П.Л., Тильнов М.О.</b> До удосконалення технології та засобів діагностування ЦПГ енергетичних установок .....	108
<b>Джанаєва О.Е.</b> Загальна методика діагностики ЦПГ дизелів за температурним параметром камери згорання .....	111
<b>Миранович Н.А.</b> Технологический процесс магнитно-абразивной обработки наружных цилиндрических поверхностей восстановленных деталей машин .....	114
<b>Пономаренко М.Є.</b> Ключові завдання вирішення проблеми забезпеченості автотранспортних систем обіговими коштами .....	117

<b>Гусєв О. В.</b> Дослідження впливу швидкості на робочі характеристики гумометалевих підшипників ковзання .....	120
<b>Саух М.О.</b> Дослідження пошкоджень деталей сцеплень двигунів .....	122
<b>Коноплянченко Є.В., Яременко В.П., Герасименко В.О., Люй Донгмей,</b> Підвищення ефективності процесу ремонту складної техніки впровадженням мехатронних систем розбирання виробів .....	125
<b>Гнатишин Є.Р.</b> Матеріали, що використовуються при лазерному наплавленні .....	129
<b>Зубов Є.С.</b> Шляхи підвищення зносостійкості гільз циліндрів двигунів .....	130
<b>Кур'янов О.С., Мухомедьянов С.О</b> Технологічні процеси, що надають можливість регулювати рівень внутрішніх напружень у робочому шарі формуючих інструментів з хромонікелевого чавуну .....	131
<b>Серпутько Р.С.</b> 3-D пристрій для трьох координатного виготовлення виробів з дроту .....	133
<b>Брефалов М.В.</b> Вплив умов точіння наплавлених деталей різцями із ПНТМ на кут нахилу виступів мікронерівностей .....	135
<b>Сергєєв Б.К.</b> Відновлення бронзових деталей сільськогосподарської техніки електроконтактним напіканням порошків .....	137
<b>Патик В.Ю.</b> Наплавочні матеріали для відновлення плужного леміша .....	138
<b>Астахов В.О.</b> Способи кріплення циліндрів при їх відновленні .....	139
<b>Турлов С.Г.</b> Пристрій для перевірки дизельної паливної апаратури.....	143

<b>Харченко В.В.</b> Підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів шляхом моніторингу їх технічного стану.....	145
<b>Калашник В., Шевляков В.</b> До компресограф на базі USB — осцилографа і його застосування при діагностуванні ДВЗ .....	147
<b>Сизько А. А.</b> Бортові інформаційні системи сільськогосподарської техніки .....	151
<b>Сергієнко О.А.</b> Комп'ютерна діагностика та моніторинг стану машин і обладнання .....	153
<b>Тополя П.А.</b> Підвищення надійності системи безкабельного контролю сільськогосподарської машини.....	154
<b>Сміцков Д. С.</b> Ультразвуковий датчик відстані.....	157
<b>Лупенко В.В.</b> Теоретичний аналіз розробки експрес-тесту для діагностування рульового керування .....	159
<b>Котляр А.В.</b> Напруження на валах трактора ХТЗ – 17221 при виконанні транспортно-технологічної операції агрегатами змінної маси.....	160
<b>Білих В.С.</b> Діагностування гідрооб'ємного рульового керування .....	161
<b>Корнієнко В.В.</b> Особливості і перспективи діагностування двигунів енергонасичених тракторів.....	165
<b>Петров Р.М.</b> До оцінки ресурсу тракторів МТЗ-920 після капітального ремонту .....	166
<b>Котець О.Ю.</b> Проблеми технічного обслуговування і ремонту машин по технічному стану .....	167
<b>Мальцев В.М.</b> Відновлення прецизійних деталей паливної апаратури дизельних двигунів .....	168

<b>Думчиков В.О.</b> Відновлення деталей типу «Вал» електроконтактною приваркою дроту .....	169
<b>Білик І.С.</b> Обґрунтування способу відновлення ліжок блоку циліндрів двигуну КАМАЗ-740.100 .....	170
<b>Кондратенко М.А., Фисун С.О.</b> Відновлення дискових сошників сівалок.....	174
<b>Ницеглод В. В.</b> Управління вібраційним станом робота в умовах екстремальних навантажень при механічній обробці .....	176
<b>Грачов О.О.</b> Умови роботи та вимоги до матеріалу поршнів двигуна внутрішнього згоряння.....	177
<b>Дудка В.В.</b> Пористі матеріали як засіб підвищення зносостійкості покриттів .....	178
<b>Pchelnik N.O.</b> High porosity poly(tetrafluoroethylene) for water-fuel emulsion separation .....	179
<b>Соколік С.П.</b> Особливості диференційованого внесення добрив в режимі «Онлайн» .....	183
<b>Петров Р.М.</b> До виявлення законів розподілу часу відновлення елементів кар'єрних екскаваторів .....	185
<b>Ярмак І.І.</b> Визначення коефіцієнтів наповнення, залишкових газів і продування при стендових випробуваннях дизелів з турбонаддувом .....	187
<b>Холод Р. В.</b> Вимірювання дійсної швидкості руху машин .....	190
<b>Абалмасов О.О.</b> Зниження динамічної навантаженості силової передачі трактора за рахунок зміни крутильної жорсткості реактивного ланцюгу .....	192



<b>Ващекін Д.Ю.</b> Підвищення ефективності експлуатації МТА шляхом визначення раціональних режимів роботи тракторного дизеля .....	193
<b>Дорошенко Д.Ю.</b> Збільшення ефективності експлуатації трактора шляхом визначення раціональних показників елементів гідромеханічної трансмісії .....	194
<b>Думіндяк С.Б.</b> Обґрунтування параметрів тягово-довантажувального пристрою до причепу транспортного засобу .....	195
<b>Коваль В.Р.</b> Підвищення динамічних якостей дизельного двигуна трактора загального призначення .....	196
<b>Марченко М.М.</b> Підвищення плавності ходу машино-тракторних агрегатів на базі колісного транспортного засобу тягового класу 1,4 .....	197
<b>Панасовський В.О.</b> Дослідження експлуатаційно-технологічних показників роботи сільськогосподарських тракторів, обладнаних газобалонним устаткуванням .....	198
<b>Соколов Д.Д.</b> Підвищення паливної економічності тракторно-транспортного агрегату вимиканням частини циліндрів двигуна .....	199
<b>Бурзак Д.Є.</b> Підвищення ефективності використання причіпних ґрунтообробних машино-тракторних агрегатів за рахунок покращення показників їх стійкості .....	200
<b>Жакун С.П.</b> Покращення напружено-деформованого стану рамних конструкцій транспортних засобів при їх відновленні та ремонті .....	201
<b>Заяц М.І.</b> Підвищення керованості і стійкості руху машинно-тракторного агрегату з фронтальним начіпним знаряддям .....	202
<b>Буряківський В.В.</b> Стабілізація режимів роботи МТА за рахунок використання пневмогідравлічної муфти зчеплення .....	203

<b>Кісь О. В.</b>	
Розумні і інтелектуальні системи та технології .....	207
<b>Голуб І.В.</b>	
Підвищення якості металообробки застосуванням мінералокерамічних інструментальних матеріалів .....	209
<b>Козлов О. С.</b>	
Особливості застосування мехатронних та розумних систем в сільськогосподарській техніці.....	212
<b>Замета К.С.</b>	
Поліпшення якості робочої частини ножів кенігфельдського типу .....	215
<b>Кравченко В. В.</b>	
Аналіз мехатронних систем керування напрямом руху .....	218
<b>Гудзенко К.О.</b>	
До питання оцінювання ефективності систем менеджменту якості .....	220
<b>Бажанов Д. Г.</b>	
Мехатронні системи та електронне обладнання машин .....	222
<b>Жмурко Г.Т.</b>	
Зменшення шуму від електричних пристроїв автомобіля зі збереженням тактильної якості .....	224
<b>Кузьоменський А.В.</b>	
Статистичні методи управління якістю .....	226
<b>Сизько А.А.</b>	
Розвиток європейської системи технічного регулювання законодавства .....	227
<b>Бельский Б.О.</b>	
Розробка методики оцінки ефективності впровадження і функціонування системи управління якістю сільськогосподарських підприємств .....	229
<b>Пазіненко К.М.</b>	
Проектування системи якості аграрних підприємств .....	233
<b>Ліман В.Р</b>	
Уніфікація як спеціальний метод стандартизації .....	234
<b>Савченко М.Р.</b>	
Агрегування як метод стандартизації .....	236

Наукове видання

**МАТЕРІАЛИ**  
міжнародної науково-практичної конференції  
студентів, аспірантів та молодих вчених  
«ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ТА СЕРВІСНА ІНЖЕНЕРІЯ»  
28-29 травня 2020 року

Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сумський національний аграрний університет

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Білоруський державний аграрний технічний університет


Туркменський сільськогосподарський університет імені С.А. Нязова

Харківська філія Українського науково-дослідного інституту прогнозування  
та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського  
виробництва імені Леоніда Поторілого

Матеріали публікуються в авторському варіанті

Відповідальний за випуск  
Редактор

Петров Р.М.  
Калінін Є.І.



Кафедра надійності, міцності та технічного сервісу машин  
імені В.Я. Аніловича Харківського національного технічного  
університету сільського господарства імені Петра Василенка

28-29 травня 2020 року  
Україна, Харків