

УДК 631.37

**ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ
ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ДВИГУНІВ
ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ
МАШИННО–ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ**

Сосик А. Ю., к.т.н.,

Дударенко О. В., к.т.н.,

Щербина А. В., к.т.н.,

Артюх О. М., к.т.н.

Запорізький національний технічний університет

Тел. (061) 764–26–47

Анотація – в роботі представлено результати досліджень щодо можливості створення пересувного діагностичного комплексу. Комплекс призначено для експериментального визначення експлуатаційних показників двигунів внутрішнього згоряння машинно–тракторних агрегатів сільськогосподарської техніки в умовах організації сервісного обслуговування.

Представлена концепція і дизайн – це мобільний динамометричний причіп. Динамометрування здійснюється електричним ретардером, як найбільш популярною конфігурацією з блоком повітряного охолодження і вимірювальною системою з тензодатчиком. Основні переваги цього сповільнювача – характеристика гальмівного моменту вже при швидкості обертання ротора близько 400 хв–1, система повітряного охолодження з лінійною залежністю поглинання від температури і можливість зміни величини гальмівного моменту при підключенні різної кількості пар обмоток статора.

Комплекс знижує витрати і клієнта, і компанії, що здійснює сервісне обслуговування.

Ключові слова – регуляторна характеристика, тягове зусилля, причіпна ланка, обертальний момент, вал відбору потужності.

Постановка проблеми. У зв'язку з необхідністю підвищення рівня механізації сільськогосподарського рівня виробництва, виникає необхідність у застосуванні великогабаритної тракторної техніки

п'ятого, шостого та сьомого класів. Сучасні сільськогосподарські трактори, навісне та причіпне обладнання у співпраці з системами навігації надають можливість впровадження мінімальних схем експлуатаційних витрат під час виконання сільськогосподарських робіт.

Головною особливістю впровадження сучасних машинно–тракторних агрегатів (МТА) високих класів є висока ступінь універсальності. В умовах обмеження рівня механізації сільськогосподарських господарств України, що пов'язано з економічним станом, навантаження на одиницю техніки максимальне, а режим експлуатації, як правило, цілодобовий.

Ці фактори примушують під час організації сервісного обслуговування МТА приділяти багато уваги якісній діагностиці з метою визначення технічного стану та переліку робіт з поточного ремонту.

Аналіз останніх досліджень. Складність сучасної сільськогосподарської техніки, її висока вартість і енергонасиченість висувають на передній план проблему підвищення ефективності використання МТА. Дана проблема не є новою і ускладнюється з появою техніки більш високих класів [1].

Підвищення ефективності використання МТА за рахунок оптимізації режимів роботи на основі безперервного контролю інтенсивності зміни його експлуатаційних параметрів розглянув в своїй роботі Калачін С. В. [2].

Іншаков А. П. розробив систему нових математичних моделей аналізу і оцінки енергетичного стану МТА в умовах їх експлуатації; вирішив завдання алгоритмізації енергоспоживання в МТА, як в динамічних системах [3].

Оптимальне керування режимами функціонування МТА для умов нестационарного ймовірнісного навантаження у вигляді встановлених значень екстремальних навантажувальних режимів і допустимого часу виходу поточних значень контрольованих експлуатаційних параметрів тракторів за кордон настановних допусків на рівень настройки розглянув в своїй роботі Глотов С. В. [4].

Але в сучасних дослідженнях недостатньо повно розкрити питання щодо практичного визначення експлуатаційних характеристик двигуна МТА в польових умовах.

Мета роботи. Визначити можливість впровадження у систему сервісного обслуговування навантажувального стенду для визначення експлуатаційних показників двигуна внутрішнього згоряння машинотракторного агрегату.

Основна частина. Головним показником роботи МТА є реалізація тягового зусилля на гаку, що, безумовно, залежить від

технічного стану силової установки та трансмісії. Умови експлуатації при виконанні сільськогосподарської роботи вимагають забезпечення постійних режимів руху при змінних умовах навантаження [5].

Впровадження методів щодо визначення технічного стану двигуна внутрішнього згорання є важливим кроком в організації сервісного обслуговування сільськогосподарської техніки. В сучасному тракторобудуванні це питання визначено двома шляхами:

– лабораторні випробування, які передбачають демонтаж двигуна з подальшим встановленням на стенд з гальмівним пристроєм та моделюванням навантажувальних режимів. Впровадження даного типу випробувань доцільно лише в умовах застосування поточної схеми агрегатних ремонтів, де головною метою застосування стенду є перевірка експлуатаційних показників двигуна після проведення капітального або поточного ремонту на відповідність вимогам заводу–виробника;

– лабораторно–польові випробування (ЛПВ), які передбачають визначення експлуатаційних показників силового агрегату безпосередньо на машинотракторному агрегаті.

Проведення ЛВП можливо двома способами – динамометруванням на причіпному пристрої та динамометруванням через вал відбору потужності. Динамометрування застосовується як при виконанні дослідницьких робіт, так і при експлуатації машин в робочих умовах, для комплектування тракторних агрегатів, встановлення норм виробітку і витрати пального, а також для забезпечення контролю за технічним станом тракторів та сільськогосподарських машин, правильності їх регулювання[6].

Під час організації сервісного обслуговування, найбільший інтерес виникає до лабораторно–польових випробувань. Однак, слід відзначити, що спосіб динамометрування з використанням причіпної ланки або знаряддя не придатний для системи сервісного обслуговування, бо кількість факторів, які впливають на машинотракторний агрегат під час вимірів, можуть суттєво змінювати картину отриманих результатів. Цей спосіб, як правило, відображає опір навісного обладнання по відношенню до машинотракторного агрегату.

Аналіз сучасного ринку засобів динамометрування показує, що найбільш доцільним способом для визначення експлуатаційних характеристик є застосування пересувних мобільних динамометрів, які оперують обертальним моментом валу відбору потужності (ВВП) (рис. 1).

Перевагою таких динамометрів є можливість до вільного пересування від одного агрегату до іншого та широкий діапазон модельного ряду, що підлягає діагностичній дії.



а)



б)

Рис. 1. Динамометр мобільний: а) Forment, б) DYNOmetro

Для приводу МВП виробники, як правило, використовують незалежні одно чи двох швидкісні приводи (New Holland, Shibaura, CASE, Carraro) або залежні (MasseyFerguson). Завдяки прямому механічному приводу від двигуна до валу відбору потужності, використання цього елемента, як контрольної ланки, є достатньо перспективним напрямком.

Головним питанням при впровадженні пересувного динамометричного стенду є необхідність визначення типу навантажувального пристрою, що повинен відповідати декільком вимогам:

- мінімальні масово габаритні показники;
- незалежність від зовнішнього енергопостачання;
- універсальність;

Зазвичай застосовуються два типи:

- гідравлічний гальмівний пристрій;
- електричний гальмівний пристрій.

Найбільш поширеними гідравлічними гальмівними пристроями (ретардерами) є продукти виробництва фірми Voith.

Недоліками конструкції гідравлічного ретардери, що обмежує можливість використання його як навантажувального пристрою є:

- неможливість реалізації робочого гальмівного моменту на швидкостях обертання менше ніж 1000хв^{-1} ;
- необхідність проектування та застосування системи охолодження з автоматичним керуванням;
- вимірювання гальмівного моменту можливе лише датчиком обертального моменту на приводному валу, що значно завищує вартість проекту;
- ускладнене регулювання системою за рахунок чутливості до температури робочої рідини.

Перелічені фактори дійсно ускладнюють можливість реалізації проекту з впровадження навантажувального стенду. Фінансова

складова в даному випадку значно перевищує можливі витрати у разі застосування альтернативного електричного гальма.

Електричні ретардери впроваджені у виробництво фірмами TELMA (рис. 2), JACOBS та інші. Їх використання широко поширене на вантажних транспортних засобах у якості додаткового гальмівного пристрою.

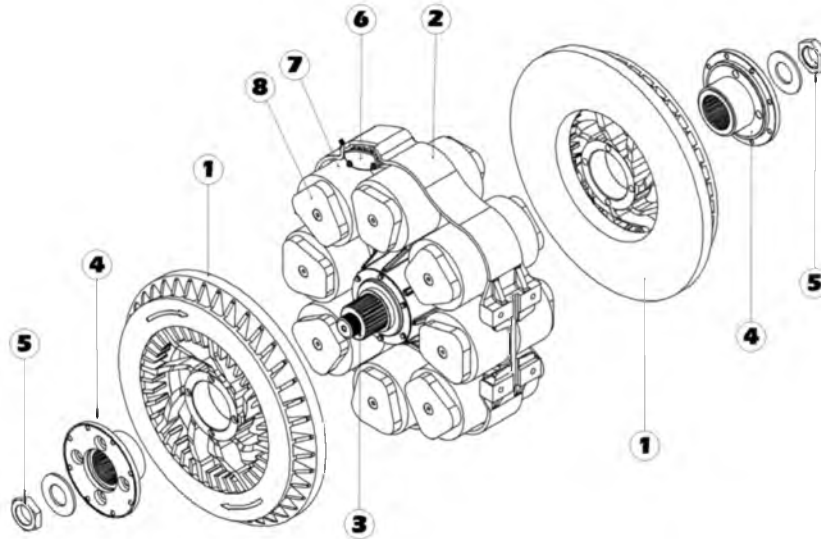


Рис. 2. Загальний вигляд електромагнітного гальма (ретардер):

- 1 – ротор; 2 – статор; 3 – вал центральний з підшипником;
- 4 – фланець; 5 – гайка контрольна; 6 – термінал підключення;
- 7 – обмотка; 8 – дистанційна шайба

Головною перевагою наведеного ретардери є:

- характеристика гальмівного моменту, що максимально реалізована вже на обертах ротора близько 400хв^{-1} ;
- повітряна система охолодження, що має лінійну залежність поглинаючої потужності від температури;
- можливість визначення гальмівного моменту за рахунок спрощеної схеми з тензOMETричним датчиком;
- можливість зміни величини гальмівного моменту шляхом підключення різної кількості пар обмоток статора.

Характеристики електромагнітного гальма TELMA 500 представлено на рисунку 3.

Динамометрування машино–тракторних агрегатів планується запровадити групою компаній «ПолеТехніка». А саме ТОВ «Бізон–Імпорт» під час сервісного обслуговування машинно–тракторних агрегатів бренду “NewHolland”. Найбільш поширеним МТА цього бренду є моделі Т8.390 та Т8.410, де встановлено двигуни IVECO Cursor 9L FPT з робочим об’ємом близько 8,7л та трансмісією типу PST.

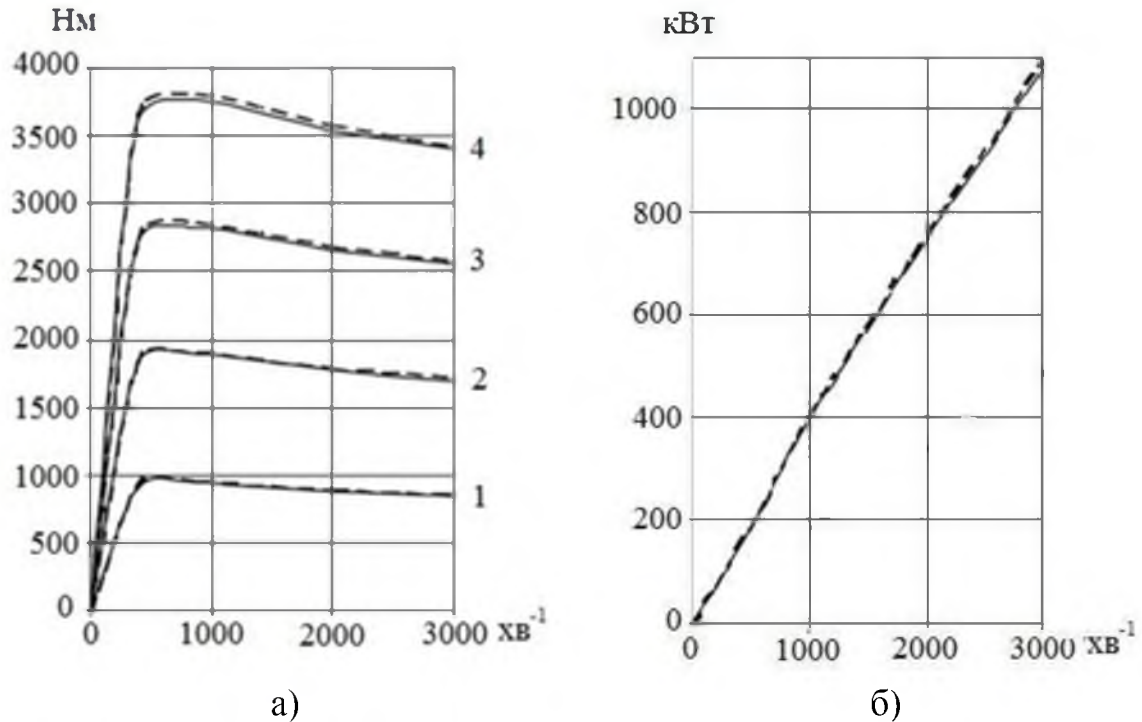


Рис. 3. Характеристики електромагнітного гальма TELMA 500: а) залежність гальмівного моменту від обертів ротору при різній кількості підключених пар обмоток; б) залежність поглинаючої потужності від обертів при різних температурних режимах

Зовнішню швидкісну характеристику для обертового моменту двигуна Cursor 9L FPT наведено на рисунку 4. Величина максимального реалізуемого моменту при обертах двигуна 1800хв⁻¹, дорівнює близько 1800Нм.

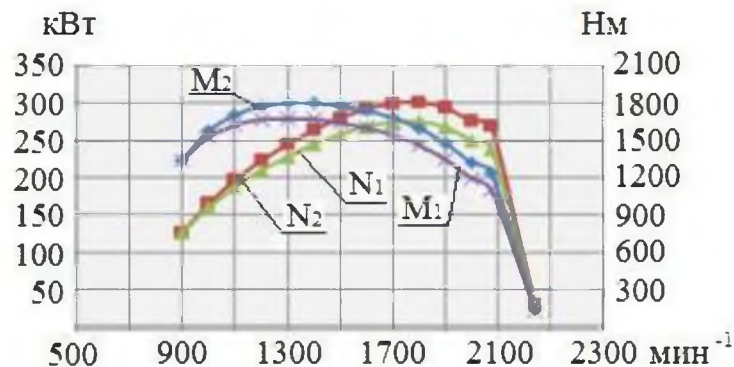


Рис. 4. Зовнішня швидкісна характеристика двигуна IVECO Cursor 9L FPT

Оскільки МТА обладнано залежним приводом валу відбору потужності з передавальним числом 1,8, максимальний обертовий момент на валу відбору потужності буде близько 3240Нм. У цьому разі електричний навантажувальний пристрій повністю перебиває гальмівний момент, що реалізовано на ВВП.

Чисельне та якісне визначення величини гальмівного моменту – це питання, що визначає доцільність впровадження навантажувального стенду в цілому.

Найбільш поширена схема – це застосування тензометричного датчику за умови, що статор має свободу переміщення навколо своєї вісі, а ротор пов'язано з ВВП (рис. 5).

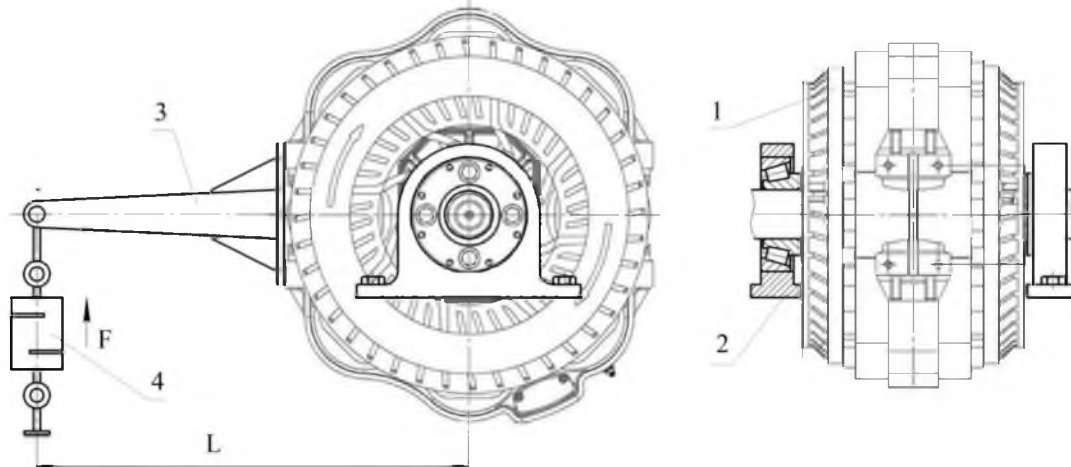


Рис. 5. Навантажувально–вимірювальний комплекс та його складові:
1 – ретардер; 2 – опора; 3 – вимірювальний ричаг; 4 – датчик тензометричний; L – плече дії гальмівного моменту; F – сила, що фіксується тензометричним датчиком

Необхідною умовою коректного визначення величини гальмівного моменту є врахування конструктивних параметрів ретардери, а саме моменту інерції обертальних мас. Для обраного типу навантажувального пристрою (СФК 500), момент інерції ротора складає 4,74кгм².

Принцип розрахунку величини відхилення вимірної потужності легко пояснюваний фізично. Стосовно до обертального руху, другий закон Ньютона має наступний вигляд:

$$\bar{\varepsilon}(t) = \frac{\bar{M}(t)}{J}, \quad (1)$$

де $\varepsilon(t)$ – вектор кутового прискорення, (рад/с²);
 $M(t)$ – вектор моменту, імпульс ротора, (Н м);
 J – момент інерції ротора, (кгм²);
 t – час, с.

Таким чином, момент, що вплине на показник точності вимірювання, розраховується за залежністю:

$$\bar{M}(t) = \bar{\varepsilon}(t) \cdot J. \quad (2)$$

Вектор кутового прискорення визначається експериментально для наданого типу двигуна, шляхом підключення осцилографу та діагностичного комплексу до датчика положення колінчастого валу.

Висновки. Аналіз можливості впровадження методів визначення

технічного стану двигунів внутрішнього згоряння машинотракторних агрегатів в польових умовах потребує реалізації пересувного динамометричного стенду з електричним навантажувальним пристроєм повітряного охолодження. Точність вимірювання визначається врахуванням моментів інерції обертальних мас під час вимірювання.

Діагностичний комплекс направлено на мінімізацію затрат як зі сторони споживача, так і зі сторони компанії, яка здійснює сервісне обслуговування.

Література:

1. Зангиев А. А. Эксплуатация машинно–тракторного парка / *А. А. Зангиев, А. В. Шилько, А. Г. Левшин.* – М.: Колос, 2008. – 320 с.
2. Калачин С. В. Оптимизация параметров и режимов работы МТА / *С. В. Калачин* // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 7. – С. 31–33.
3. Иншаков А. П. Обеспечение энергетической эффективности машинно–тракторных агрегатов / *А. П. Иншаков.* – Саранск : Изд–во Мордов. ун–та, 2003. – 116 с.
4. Глотов С. В. Оценка эффективности функционирования тракторов / *С. В. Глотов* – Саранск: Красный Октябрь, 2003. – 188 с.
5. Ревенко В. Ю. Повышение эффективности машинно–тракторных агрегатов с колесными тракторами классов 1,4; 2 и 3 на основе оптимизации параметров движителей: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / *В. Ю. Ревенко.* – М., 2006. – 23 с.
6. Иншаков А. П. Способы динамометрирования трактора работающего в агрегате с бульдозерным оборудованием / *А. П. Иншаков, В. А. Любарев* // Труды ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1978. – Вып. 134. – С. 49–53.

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ МАШИНОТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

Сосик А.Ю., Дударенко О.В., Щербина А.В., Артюх А.Н.

Аннотация – в данной работе представлены результаты исследований возможности создания передвижного диагностического комплекса. Комплекс предназначен для экспериментального определения эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания машинотракторных агрегатов

сельскохозяйственной техники в условиях организации сервисного обслуживания.

Представленная концепция и дизайн – это мобильный динамометрический прицеп. Динамометрирование осуществляется электрическим ретардером, как наиболее популярной конфигурацией с блоком воздушного охлаждения и измерительной системой с тензодатчиком. Основные преимущества этого замедлителя – характеристика тормозного момента уже при скорости вращения ротора около 400 мин^{-1} , система воздушного охлаждения с линейной зависимостью поглощающей способности от температуры и возможность изменения величины тормозного момента при подключении разного количества пар обмоток статора.

Комплекс снижает расходы и клиента, и компании, осуществляющей сервисное обслуживание.

RATIONALE OF METHODS FOR DETERMINING OPERATIONAL INDICATORS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES OF MACHINE-TRACTOR UNITS

A. Sosyk, O. Dudarenko, A. Shcherbina, O. Artiukh

Summary

In this work presents the results of studies the possibility of creating a diagnostic complex. The complex is intended for the experimental determination performance of internal combustion engines agricultural machinery in the conditions of service organization.

Our concept and design it's full mobile-trailer-mounted. Dynamometer is electric retarder, the most popular configuration with air cooled unit and measuring system with a strain gage sensor. The main advantages of this retarder it's characteristic of the braking torque, already at the rotor speed of about 400 min^{-1} , air cooling system having a linear dependence of the absorbing power on temperature and the possibility of changing the magnitude of the braking torque by connecting a different number of pairs stator windings.

In our system we can control RPM engine during testing using the J1939 protocol. Complex reduces consumer costs our client.