

## ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДИНАМІЧНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ОРНОГО АГРЕГАТУ

**Антощенко Р.В., канд. техн. наук, доц.  
Антощенко В.М., канд. техн. наук, проф.  
КашинД.В., аспірант**

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

*В роботі проаналізовано відомі конструкції систем збору та обробки даних та методи визначення буксування коліс мобільної машини. Запропоновано використовувати розроблену на кафедрі «Трактори і автомобілі» ХНТУСГ ім. П. Василенка вимірвальну систему динамічних та тягово-енергетичних показників функціонування мобільних машин під час досліджень орного агрегату.*

**Вступ.** Обробіток ґрунту взагалі, а основний – зокрема, є найбільш енергоємним технологічним процесом, на який припадає приблизно 40% енергетичних і 25% трудових витрат з усього обсягу польових робіт. Основними критеріями ефективності тракторів сільськогосподарського призначення є тягова потужність або тяговий ККД. Тому зусилля, що відповідає максимальній тяговій потужності або тяговому ККД, є оптимальним, а робота трактора з таким зусиллям забезпечує йому максимальну виробітку і паливну економічність. Отже, задача дослідження динамічних та енергетичних процесів орного агрегату при різних умовах його функціонування з обґрунтуванням умов зниження витрат енергії на буксування є актуальним науково-прикладним завданням. Системи які є на сьогоднішній день не в змозі виміряти велику кількість параметрів руху орного агрегату в динаміці при виконанні технологічних процесів у сільському господарстві. З появою сучасних сільськогосподарських агрегатів питання визначення якості та кількості параметрів, що контролюються при функціонуванні орного агрегату, збільшилось, тому завдання розробки вимірвальної системи енергетичних та динамічних показників орного агрегату залишається актуальним.

**Аналіз останніх досягнень та публікацій.** Відомі системи збору та обробки даних є універсальними, або використовуються в автоматизованих системах керування технологічними процесами. Недоліком таких систем є те, що з їх допомогою можливо тільки контролювати проміжні значення параметрів функціонування машино-тракторного агрегату [1, 2].

Інші системи мають невелику кількість датчиків тому вимірюють обмежену кількість параметрів функціонування машин. Розрахунок тягових та енергетичних параметрів виконується математично по запропонованим

методологіям [3]. По витраті палива з достатньою точністю можна визначити енергетичні показники МТА [4, 5]. Траєкторії руху визначають за допомогою GPS приймачів [6, 7], що встановлені на мобільній машині.

Буксування коліс мобільної машини можна визначити за рахунок визначення швидкості обертання коліс та поступової швидкості [8]. Інший спосіб полягає в визначенні швидкості обертання валів трансмісії [9]. Поступова швидкість може визначатись за допомогою п'ятого колеса [8, 9] або по даним навігаційного приймача (RTK-DGPS)[10].

**Мета та постановка задачі.** Метою даної роботи є аналіз конструкції та розробка вимірювальної системи енергетичних та динамічних показників орного агрегату.

**Вирішення задачі.** Використовуючи результати попередніх досліджень [3-5] на кафедрі «Трактори і автомобілі» ХНТУСГ ім. П. Василенка створена вимірювальна система для визначення динамічних та тягово-енергетичних показників функціонування мобільних машин[11].

Відома систему збору та обробки даних, яка включає комп'ютер та аналогово-цифровий перетворювач, що складається з обчислювального модуля та накопичувача інформації, обладнується датчиками прискорень елементів машинно-тракторного агрегату, гіроскопами, електронним динамометром, датчиками обертів колінчастого валу, валів трансмісії, коліс, витрати палива, навігаційним пристроєм, індикатором, пультом керування, модулем бездротового зв'язку та перетворювача напруги з'єднаними з входами обчислювального модулю, який має додаткові аналогові та дискретні входи. На рис. 1 наведена блок-схема даної системи.

Кількість та типи датчиків, якими обладнується машина при випробуваннях залежить від її виду і параметрів, що необхідно визначити. Пристрій для визначення динамічних та тягово-енергетичних показників може обладнуватись інерційними вимірювальними пристроями 6, що складаються з гіроскопів та датчиків прискорень, кількість яких залежить від кількості елементів мобільної машини або агрегату. Система може обробляти дані з восьми інерційних вимірювальних пристроїв (ІВП). Отримання навігаційної інформації, траєкторії руху, швидкості та висоти над рівнем моря відбувається за допомогою навігаційного пристрою 3. Датчики витрати палива 7 встановлюються в паливо проводи мобільної машини в прямому та зворотному напрямку подачі палива, тобто система враховує паливо, що зливається в бак. Швидкість обертання коліс, валів трансмісії, двигуна внутрішнього згоряння та ВВП визначається датчиками швидкості обертання 8.

Комунікація між датчиками, ІВП та обчислювальним модулем відбувається по шині CAN 5. Дана шина має декілька ступенів захисту у тому числі від обриву сигнальних проводів [7].

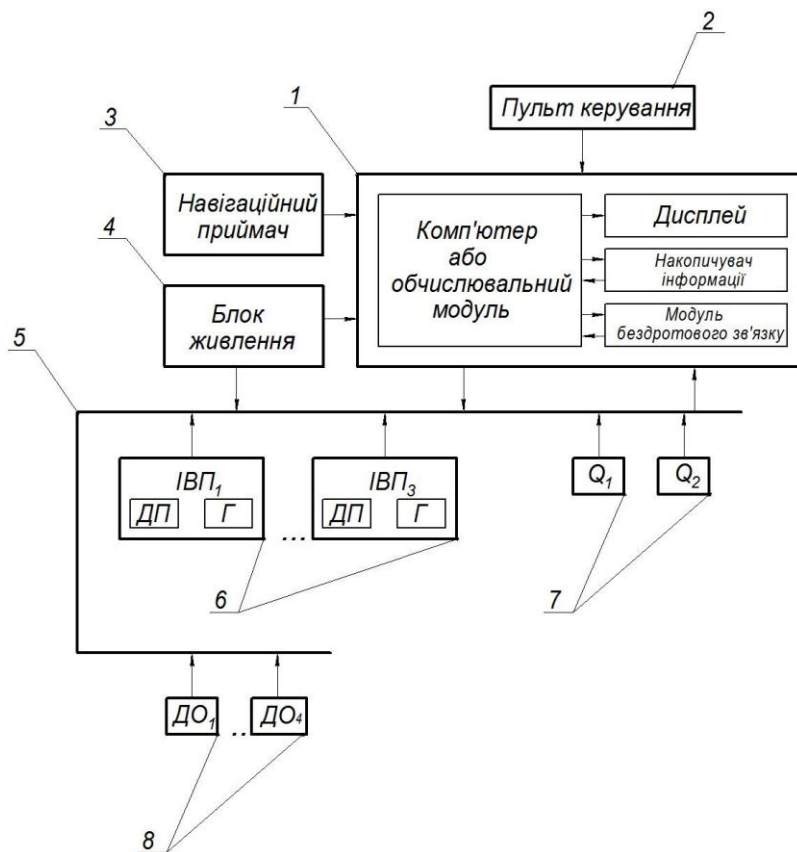


Рис. 1 - Схема вимірювальної системи для визначення динамічних та тягово-енергетичних показників функціонування мобільних машин:  
 1 – обчислювальний модуль; 2 – пульт керування; 3 – навігаційний пристрій;  
 4 – блок живлення; 5 – шина даних CAN; 6 – інерційний вимірювальний пристрій; 7 – витратомір палива; 8 – датчик обертів



а



б

Рис. 2 - Розташування інерційних вимірювальних пристроїв на рамі трактору ХТЗ-17224 (а) та на рамі плуга ПЛН-5-35 (б)

Інерційний вимірювальний пристрій 6 розташовується в довільному місці мобільної машини (рис. 2) за умови, що поздовжньо-вертикальна та поздовжньо-горизонтальні площини машини та ІВП паралельні. На одну раму встановлюється один ІВП. Антена навігаційного приймача 3 на магніті закріплюється на криші мобільної машини.

Дисплей 10 відображає текучі параметри функціонування МТА та стан системи контролю. Він розташовується в кабіні трактора. За допомогою пульта керування 2 здійснюється керування системою контролю за функціонуванням машинно-тракторного агрегату, який також розташований в кабіні трактора. Графічний інтерфейс користувача зображений на рис. 3.

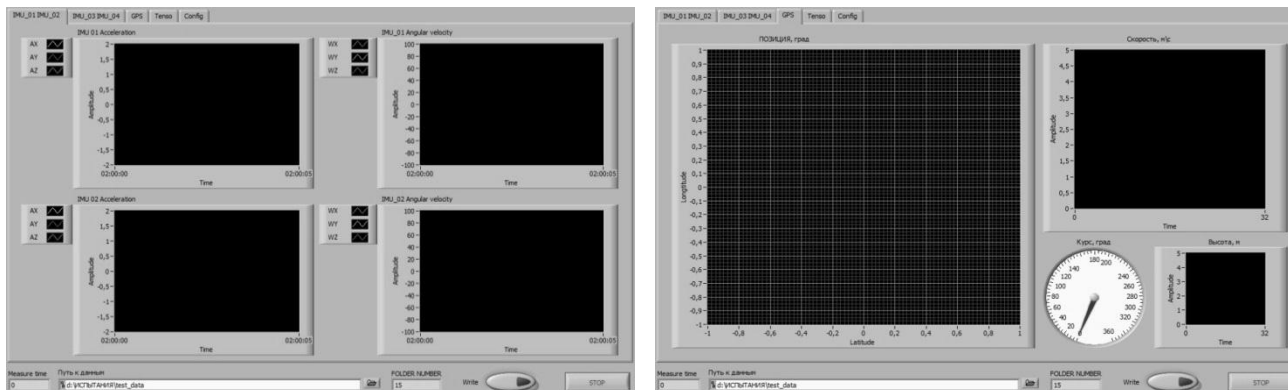


Рис. 3 – Інтерфейс користувача вимірювального комплексу на персональному комп'ютері

Для визначення буксування коліс мобільної машини пропонується спосіб визначення швидкості обертання колеса за допомогою гіроскопу та поступової швидкості за рахунок GPS приймача [12]. Схема встановлення датчика швидкості обертання колеса мобільної машини та його принцип дії наведений на рис. 4.

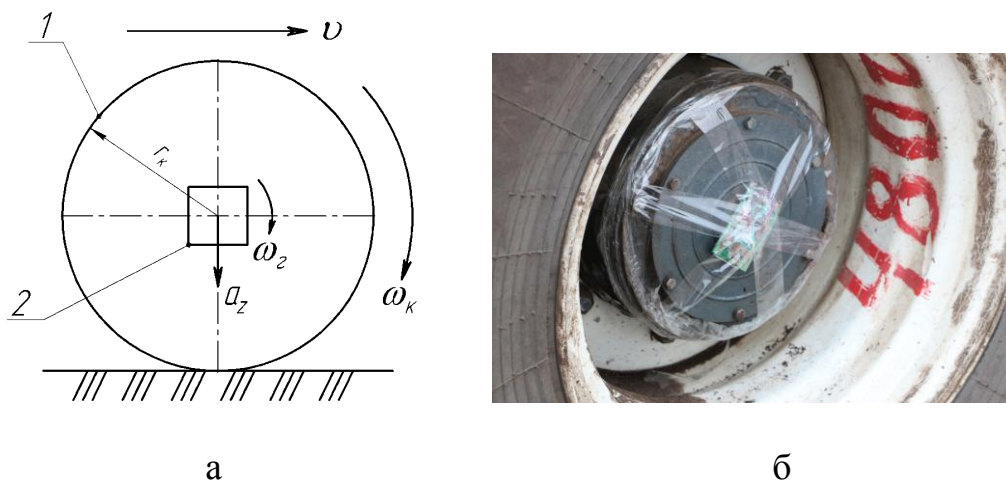


Рис. 4 - Схема встановлення датчика швидкості обертання колеса (а) та зразка датчику встановленого на колесо трактора ХТЗ-17224 (б)

В центр колеса 1 мобільної машини встановлюється датчик швидкості обертання 2, що складається з акселерометру та гіроскопу. Датчик та колесо з'єднанні жорстко. Центри гіроскопу та акселерометру повинні співпадати з центром колеса мобільної машини. Вісь та площина обертання гіроскопу паралельні колесу. Відповідно вісь акселерометра паралельна поперечної площини колеса. При русі мобільної машини її поступова швидкість буде

дорівнювати  $v$ , відповідно колесо мобільної машини, враховуючи буксування, буде мати кутову швидкість обертання  $\omega_k$ . Кутова швидкість, що вимірюється гіроскопом буде дорівнювати кутовій швидкості обертання колеса  $\omega_z = \omega_k$ . При обертанні колеса сигнал акселерометра  $a_z$  буде змінюватися по синусоїдальному закону, а частота даного сигналу буде дорівнювати швидкості обертання колеса. Кут нахилу колеса до горизонту змінює амплітуду сигналу з акселерометру, але частота сигналу завжди дорівнює швидкості обертання.

Величина буксування визначається:

$$\delta = \frac{v_m - v_d}{v_m} \cdot 100\%$$

де  $v_t$  – теоретична швидкість руху, м/с;

$v_d$  – дійсна швидкість руху.

При визначенні швидкості обертання колеса та поступової швидкості руху, буксування можна визначити:

$$\delta = \frac{2 \cdot \pi \cdot \omega \cdot r_k - v}{2 \cdot \pi \cdot \omega_k \cdot r_k} \cdot 100\% = \left( 1 - \frac{v}{2 \cdot \pi \cdot \omega_k \cdot r_k} \right) \cdot 100\%,$$

де  $v$  – поступова швидкість руху колеса, м/с;

$\omega_k$  – кутова швидкість обертання колеса, рад/с;

$r_k$  – радіус колеса, м.

Таким чином, для визначення буксування необхідно виміряти радіус колеса  $r_k$ , кутову швидкість обертання  $\omega_k$  та поступову швидкість руху  $v$ .

Експериментальний зразок датчика швидкості обертання колеса встановлений на тракторі ХТЗ-17224 зображений на рис. 4, б. Він має вбудований Li-Po акумулятор та дані до вимірювальної системи надходять по радіоканалу 2,4 ГГц.

## **Висновки**

1. Запропонована система контролю за функціонуванням машинно-тракторного агрегату дозволяє дослідити в динаміці роботу мобільних машин та багато елементних агрегатів. Підвищити точність та кількість параметрів, що вимірюються одночасно.

2. Система за рахунок визначення одночасно багатьох параметрів дозволяє порівнювати функціонування мобільних машин, знаходити граничні режими роботи та втрати і витрату енергії.

3. Система контролю за функціонуванням орного агрегату дозволяє дослідити в динаміці роботу агрегату та визначити буксування коліс при русі машинно-тракторного агрегату.

## Література

1. *Рославцев, А.В.* Средства исследования движения МТА [Текст]/ А.В. Рославцев, В.М. Авдеев, В.М. Третьяк, С.Л. Абдула и др. // Тракторы и сельскохозяйственные машины.–1999. № 3. – С. 26-29.
2. *Парк, Дж.* Сборданных в системах контроля и управления[Текст] / Дж. Парк, С. Маккей. – М.: «ГруппаИДТ», 2006. – 505 с.
3. *Артемов, Н.П., Лебедев А.Т., Подригало М.А. и др.* Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин[Текст] / Н.П. Артемов, А.Т. Лебедев, М.А. Подригало, А.С.Полянский, Д.М. Клец, А.И.Коробко, В.В. Задорожня. – Харьков. - 2011. – 219 с.
4. *Вантюсов,Ю.А.* Измерение расхода топлива при испытаниях тракторов [Текст] / Ю.А.Вантюсов, А.В. Макевин // Тракторы и сельхозмашины, 2006, №10 – С. 16-18.
5. *Романов, Ф.Ф.*Использование параметров расхода топлива для контроля функционирования МТА[Текст] / Ф.Ф. Романов, А.В. Палицын, В.А. Эфвиев// Тракторы и сельхозмашины, 2005, №5 – С. 30-32.
6. *Баранов, Г.Л.* Навігаційне забезпечення динамічної точності високошвидкісної реалізації агротехнологічних операцій механізованого виробництва сільськогосподарської продукції рослинництва у зонах ризикованого землеробства [Текст] / Г.Л. Баранов, Р.В. Мельник // Системи управління, навігації та зв'язку: наукове періодичне видання. – К.: ЦНДІНіУ, 2009. – Вип. 3 (11) – С. 8-12.
7. *Дугин, Г.С.*BOSCH. Автомобильный справочник: пер. с англ./Г.С.Дугин, Е.И.Комаров – М.: «ЗАО КЖИЗа рулем». – 2004. –992 с.
8. *Кардашевский С.В.* Испытания сельскохозяйственной техники[Текст] /С.В. Кардашевский, Л.В. Погорельый, Г.М.Фудиман, П.И. Лобко,В.В.Брей – М.:Машиностроение, 1979. – 288 с.
9. *Ксенович И.П.*Системы автоматического управления ступенчатыми трансмиссиями тракторов [Текст]/ И.П.Ксенович, В.П.Тарасик– М.:Машиностроение, 1979. – 256 с.
10. *Ringdahl, O.* Estimating wheelslip for a forest machine using RTK-DGPS[Text] / O. Ringdahl, T. Hellström, I. Wästerlund, O. Lindroos//Journal of Terramechanics. Vol. 49, № 5. –2012. –pp. 271-279.
11. *Антощенко Р.В.* Спосіб та вимірювальна система для визначення енергетичних витрат мобільної машини [Текст] / Р.В. Антощенко, В.М. Антощенко // Технічний сервіс машин для рослинництва: Вісник ХНТУСГ. – Х.: ХНТУСГ, 2014. – Вип. 145. – С. 210-216.
12. Пат. 96661 Україна, МПК В60В 39/00. Спосіб визначення буксування коліс мобільної машини / Антощенко Р.В., Антощенко В.М.; заявник Антощенко Р.В., Антощенко В.М. – № и 2014 09937; заяв. 10.09.14; надрук. 10.02.15, Бюл. № 3.

## **Аннотация**

### **ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА**

*Антощенко Р. В., Антощенко В. М., Кашин Д. В.*

*В работе проанализированы известные конструкции систем сбора и обработки данных и методы определения буксования колес мобильной машины. Предложено использовать разработанную на кафедре «Тракторы и автомобили» ХНТУСХ им. П. Василенка измерительную систему динамических и тягово-энергетических показателей функционирования мобильных машин при проведении исследований пахотных агрегатов.*

## **Abstract**

### **MEASURING SYSTEM POWER AND DYNAMIC PERFORMANCE PLOWING UNIT**

*R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkov, D.Kashin*

*This paper analyzes the known structures of data collection and processing of data and methods for determining wheel slippage mobile machine. Proposed to use developed at the Department of «Tractors and automobiles» KhNTUSG measuring system dynamic traction and energy of the mobile machines in research plowing units.*