

СЕКЦІЯ «ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ І СТАНДАРТИЗАЦІЇ»

УДК 631.17.002, 004.9.23.11

ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДИНАМІКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ МОБІЛЬНИХ МАШИН

А. О. Корсун, Д. В. Тюпа, І. О. Колодяжний, здобувачі вищої освіти

*Р. В. Антощенко, доктор технічних наук, доцент, І. В. Галич,
старший викладач*

*Харківський національний технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка.*

В роботі наведено аналіз вимірювальних систем для дослідження функціонування сільськогосподарських машин та агрегатів. Синтезовано структуру та розроблено вимірювальну систему динаміки та енергетики мобільних машин. Приведено результати експериментальних досліджень з використанням розробленої вимірювальної системи.

Ключові слова: вимірювальна система, динаміка, енергетика, машино-тракторний агрегат, датчики, махатроніка.

Постановка проблеми. 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.

Дослідження динаміки функціонування машинно-тракторних агрегатів потребують визначення параметрів стану машини як у цілому, так і окремих її

елементів у тому числі енергетичних показників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для експериментальних досліджень науковцями розроблялись вимірювальні пристрої та системи [2]. Деякі з них є універсальними [3], інші спеціалізованими [4]. Використовуються системи, які зчитують параметри функціонування з діагностичних інтерфейсів [5] та віртуальні системи [6]. В ФГНУ «РосНИИТиМ» розроблено вимірювальну інформаційну систему ИП-256М для виміру та розрахунків даних при енергетичних і тягових випробуваннях тракторів та сільськогосподарських машин [7].

Групою науковців розроблено систему збору та обробки даних, що базується на промисловому персональному комп'ютері Dewe-2010 PC [8]. 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.

Метою статті є аналіз вимірювальних систем та синтез вимірювальної системи динаміки та енергетики мобільних машин.

Основна частина. На кафедрі мехатроніки та деталей машин Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка (ХНТУСГ) розроблено вимірювальну систему динаміки та енергетики мобільних машин (ВСДЕММ). Вона відноситься до технічних засобів діагностування та експлуатаційного контролю і може бути використана в сільському господарстві та машинобудівній промисловості. Вимірювальна система призначена для визначення кінематичних, динамічних, потужнісних та енергетичних характеристик мобільних машин та їх елементів при дорожніх, польових і стендових випробуваннях [9].

Основними складовими частинами вимірювальної системи є: обчислювальний модуль; датчики; блок живлення. Обчислювальний модуль призначений для обробки, візуалізації та зберігання даних, що надходять із

датчиків. Блок живлення дозволяє вимірювальній системі працювати автономно або отримувати живлення від бортової системи мобільної машини, що проходить експериментальні дослідження. Вимірювальна система складається з окремих блоків, що наведено на рис. 1.



Рис. 1. Загальний вигляд вимірювальної системи та датчиків

Модульність вимірювальної системи дозволяє пристосовувати її до визначення лише необхідних параметрів функціонування одно- або багатоелементних мобільних машин[10].

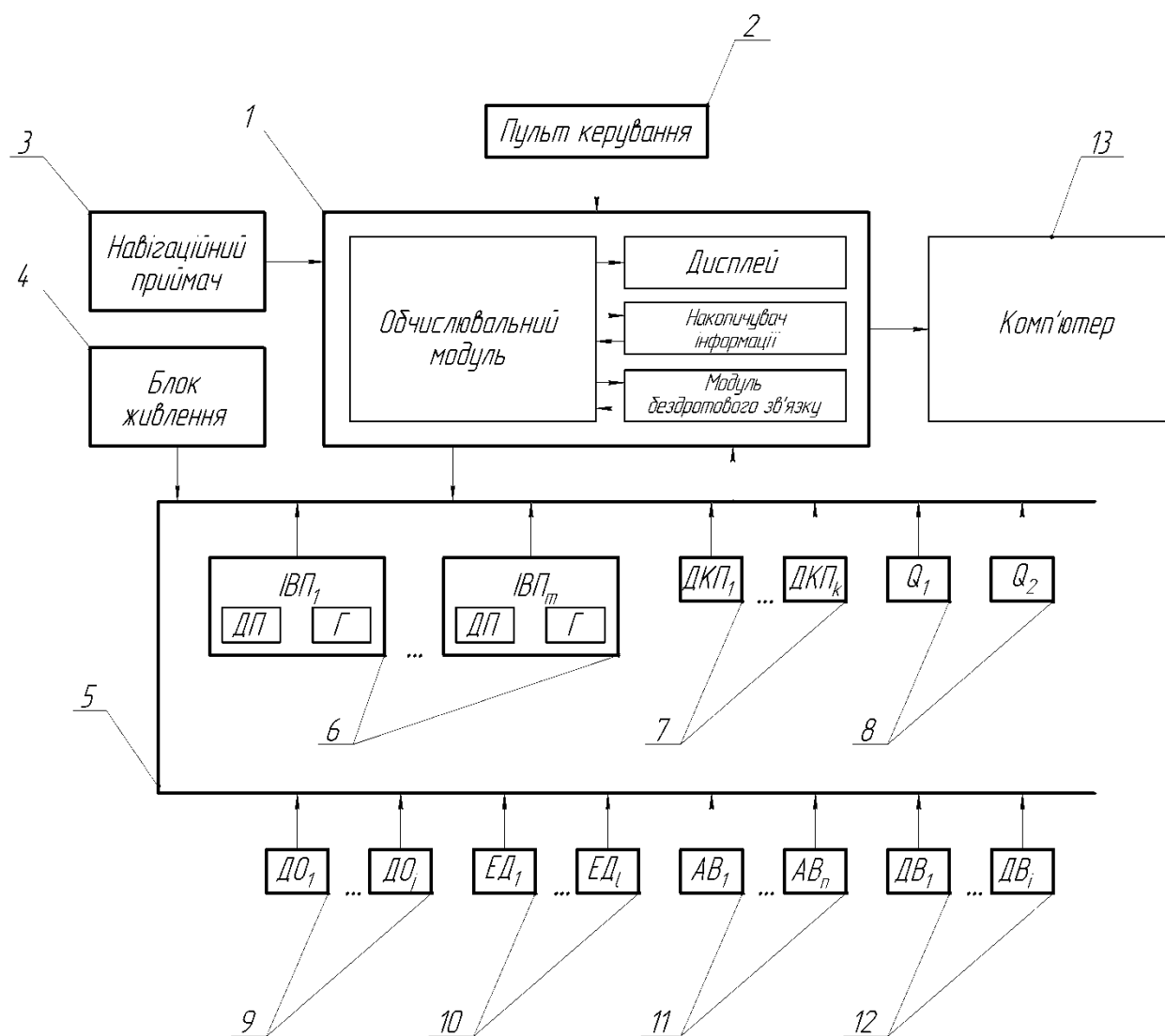
Вона використовується для визначення динамічних та енергетичних властивостей вантажних і легкових автомобілів, автобусів і автопоїздів, тракторів, військової колісної і гусеничної техніки, а також їх елементів у процесі експлуатації, при проведенні автотехнічної експертизи і в інших випадках, що вимагають оперативного контролю стану машини.

Система визначає лінійні прискорення та кутові швидкості обертання навколо осей симетрії мобільної машини, поступову швидкість, географічне положення, витрату палива, тягове зусилля, швидкості обертання коліс.

Система забезпечує додаткові можливості:

- результати вимірювання відображаються в реальному часі на екрані обчислювального блока;
- збереження результатів вимірювання на зовнішньому носії інформації (USB Flash drive, USB HDD drive);
- можливість перегляду збережених результатів вимірювання.

Структурну схему вимірювальної системи наведено на рис. 2.



1 – обчислювальний модуль; 2 – пульт керування; 3 – навігаційний пристрій; 4 – блок живлення; 5 – шина даних CAN; 6 – інерційний вимірювальний пристрій; 7 – датчик кута повороту; 8 – витратомір палива; 9 – датчик обертів; 10 – електронний динамометр; 11 – аналогові входи; 12 – дискретні входи; 13 – комп'ютер

Рис. 2. Структурна схема ВСДЕММ

Кількість та типи датчиків, якими обладнується агрегат при випробуваннях, залежать від її виду і параметрів, що необхідно визначити. Вимірювальна система 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.

Отримання навігаційної інформації, траєкторії руху, швидкості та висоти

над рівнем моря відбувається за допомогою навігаційного пристрою 3. Для визначення кутів повороту коліс або зламу рам трактора або агрегату застосовують датчики кута повороту 7.

Датчики витрати палива 8 встановлюються в паливопроводі 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 9. Між елементами мобільної машини, автомобілем та причепом або в агрегаті між трактором та сільськогосподарськими машинами встановлюються динамометри 10. Пристрій додатково обладнується аналоговими 11 та дискретними входами 12.

Комунікація між датчиками, інерційно-вимірювальними пристроями та обчислювальним модулем відбувається по CAN-шині 5. Дана шина має декілька ступенів захисту, у тому числі від обриву сигнальних проводів.

Живлення вимірювальної системи здійснюється від гелевого свинцево-кислотного акумулятора AGM, що знаходиться в блоці живлення. Заряджати акумулятор необхідно вісім годин.

Під час проведення досліджень динаміки мобільних машин у складі вимірювальної системи використовуються такі датчики:

– інерційно-вимірювальний пристрій (ІВП), який складається з мікроконтролера, акселерометра та гіроскопа і призначений для визначення вібрації, дійсної траєкторії руху, прискорень, кутових швидкостей та орієнтації елемента мобільної машини в просторі;

– навігаційний приймач GPS, антена якого розташовується у верхній точці мобільної машини (наприклад, на даху машини), що визначає географічне місцезнаходження машини, дійсну швидкість руху, курсовий кут, висоту над рівнем моря, дату та час проведення експериментального дослідження;

– датчик тягового зусилля, який розташовується між енергетичним засобом (трактором) та причіпною машиною і визначає тягове зусилля, що створюється останньою;

– датчик динаміки колеса (ведучої зірочки гусеничного рушія) мобільної машини, що дозволяє без втручання в конструкцію визначити дійсну швидкість обертання колеса, орієнтацію в просторі;

– датчик витрати палива, два датчики, що включаються в систему живлення двигуна, визначають витрату палива.

За допомогою ВСДЕММ визначено ефективність роботи трактора ХТЗ-242К шляхом проведення тягових і динамічних випробувань з різними варіантами компонування з баластом і без, а також на здвоєних і одинарних колісних системах(рис. 3)[10, 11].



Рис. 3. Трактор ХТЗ-242К.20

Програма випробувань включала в себе проведення наступних видів робіт:

- підготовка сільськогосподарської техніки до експериментальних (польових) досліджень;
- зняття тягових характеристик трактора ХТЗ-242К.20 з одинарними колесами 23,1R26 і баластом (+ трактор ХТЗ-280Т + плуг ПЛН-8-35);
- зняття тягових характеристик трактора ХТЗ-242К.20 зі здвоєними колесами 23,1R26 (x2) і баластом (+ трактор ХТЗ-280Т + плуг ПЛН-8-35);
- зняття тягових характеристик трактора ХТЗ-242К.20 зі здвоєними колесами 23,1R26 (x2) без баласту (+ трактор ХТЗ-280Т + плуг ПЛН-8-35);
- зняття тягових характеристик трактора ХТЗ-242К.20 з одинарними колесами 23,1R26 без баласту (+ трактор ХТЗ-280Т + плуг ПЛН-8-35).



Рис. 4. Трактор ХТЗ-280Т

Досліджено тягові показники трактора ХТЗ-280Т (рис. 4) у функції крюкового навантаження, прикладеного до тягово-зчіпного пристрою [12]. Методика таких випробувань тракторів регламентована ДСТУ ГОСТ 7057:2003 [13]. При тягових випробуваннях трактор завантажують спеціальним динамометричним трактором. За допомогою цього трактора створювався змінний опір руху і завантажують трактор в широкому діапазоні тягових зусиль. Програма випробувань включала в себе проведення наступних видів робіт: підготовка трактора до експериментальних (польових) випробувань; зняття тягових характеристик трактора.

Визначення динамічних і тягово-енергетичних показників трактора ХТЗ-280Т відбувалося: під час руху одиночного трактора по полю на транспортних передачах для визначення динамічних радіусів зірочок; під час руху трактора ХТЗ-280Т, до якого через тензометричний датчик і трос, приєднувався трактор К-700 і плуг ПНЛ-8-35 для визначення тягових характеристик.

За допомогою розробленої системи виконано лабораторне експериментальне дослідження коливань S-образної стійки лапи культиватора з метою визначення основних параметрів процесу рихлення ґрунту шляхом

аналізу вібрацій та переміщень (рис. 5).



Рис. 5. Вигляд установки для дослідження S-образної стійки лапи культиватора

Проведено експериментальне дослідження орного машинно-тракторного агрегату в складі трактора МТЗ-82 та плуга ПЛН-3-35 (рис. 6). Визначено зусилля в навісці трактора в залежності від швидкості руху, агрофону.



Рис. 6. Загальний вигляд вимірювальної системи з датчиками, встановленими на тракторі МТЗ-82 і начіпному лемішному плугі ПЛН-3-35

Висновки.

Проведеним аналізом існуючих вимірювальних систем встановлено, що наразі не розроблено вимірювальну систему для оцінки динаміки та енергетики багатоелементних мобільних машин.

Розроблена вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин відноситься до технічних засобів діагностування та експлуатаційного контролю і може бути використана в сільському господарстві та

машинобудівній промисловості. Вимірювальна система призначена для визначення кінематичних, динамічних, потужнісних та енергетичних характеристик мобільних машин та їх елементів при дорожніх, польових і стендових випробуваннях.

Проведеними експериментальними дослідженнями підтверджено ефективність використання вимірювальної системи.

Список використаних джерел:

1. Коротаяев А. А., Новопашин Л. А. Эффективность применения автоматических систем контроля эксплуатации сельскохозяйственных тракторов. Сборник материалов международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск, 2011. С. 155-159.

2. Development of a Data Acquisition System to optimizing the Agricultural Tractor Performance / Serrano J. M., Peça J. O., Shahidian S., Nunes M. C., Ribeiro L., Santos F. Journal of Agricultural Science and Technology. 2011. PP. 756-766.

3. Раннев Г. Г. Измерительные информационные системы: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 336 с.

4. Сараев А. В. Информационное и метрологическое обеспечение аналогово-цифрового измерительного комплекса для исследования эксплуатационных свойств автомобиля. Радиоелектронні і комп'ютерні системи. 2014. № 2 (66). С. 155-162.

5. Čupera J., Sedlak P. The use of CAN-BUS messages of an agricultural tractor for monitoring its operation. Research in Agricultural Engineering. 2011. Vol. 57. № 4. PP. 117-127.

6. Магда Ю. С. LabVIEW: практический курс для инженеров и разработчиков. М.: ДМК. Пресс, 2012. 208 с.

7. Кадочников Г. Н. Протокол испытаний № 07-06-2006 (1200012).

Информационная измерительная система ИП-256М. ФГУ: «Кубанская МИС», 2006. 5 с.

8. Dewe-2000. Precision system for mapping terrain trafficability, tractor-implement performance and tillage quality / A. Yahya, M. Zohadie, A. F. Kheiralla, S. K. Gew, B. S. Wee, E. B. Ng. Proceedings of the 7th International Conference on Precision Agriculture and Other Precision Resources Management. Minneapolis. 25-28 July. Minneapolis: Hyatt Regency, 2004. PP. 23-41.

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

10. Шаповалов Ю. К. и др. Результаты экспериментальных исследований тяговой динамики трактора ХТЗ-242К //Инженерия природокористування. – 2018. – №. 1 (9). – С. 6-15.

11. I. Galych. Results of experimental researches of tractor fluctuations KhTZ-242K.20 //ТЕКА. Commission of motorization and energetics in agriculture. – 2018. – Vol. 18, №. 4. – С. 35-39.

12. Шаповалов Ю. К. и др. Результаты экспериментальных исследований тяговой динамики чотирьох гусеничного трактора ХТЗ-280Г //Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2018. – №. 190. – С. 243-250.

13. Антощенко Р. В. Вимірювальна система динамічних та тягово-енергетичних показників функціонування мобільних машин. Інженерия природокористування. Харків: ХНТУСГ, 2014. Вип. 2 (2). С. 15-19.

Аннотация

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИНАМИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

**Антощенко Р. В., Галич И. В., Корсун А. А., Тюпа Д. В.,
Колодяжный И. А.**

В работе приведен анализ измерительных систем для исследования функционирования сельскохозяйственных машин и агрегатов. Синтезирована структура и разработана измерительная система динамики и энергетики мобильных машин. Приведены результаты экспериментальных исследований с использованием разработанной

Abstract

MEASURING SYSTEM OF DYNAMICS AND ENERGY OF MOBILE MACHINES

R. Antoshchenkov, I. Galych, A. Korsun, D. Tupa, I. Kolodyajniy

The paper presents an analysis of measuring systems for the study of the functioning of agricultural machines and units. The structure was synthesized and the measuring system of the dynamics and energy of mobile machines was developed. The results of experimental studies using the developed measuring system are presented.

References

1. Korotayev A. A., Novopashin L. A. Effektivnost' primeneniya avtomaticheskikh sistem kontrolya ekspluatatsii sel'skokhozyaystvennykh traktorov. Cbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu». Chelyabinsk, 2011. S. 155-159.
2. Development of a Data Acquisition System to optimizing the Agricultural Tractor Performance / Serrano J. M., Peça J. O., Shahidian S., Nunes M. C., Ribeiro L., Santos F. Journal of Agricultural Science and Technology. 2011. PP. 756-766.
3. Rannev G. G. Izmeritel'nyye informatsionnyye sistemy: uchebnik dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy. M.: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2010. 336 s.
4. Sarayev A. V. Informatsionnoye i metrologicheskoye obespecheniye analogovo-tsifrovogo izmeritel'nogo kompleksa dlya issledovaniya ekspluatatsionnykh svoystv avtomobilya. Radíoyelektronní í komp'yuterní sistemi. 2014. № 2 (66). S. 155-162.
5. Čupera J., Sedlak P. The use of CAN-BUS messages of an agricultural tractor for monitoring its operation. Research in Agricultural Engineering. 2011. Vol. 57. № 4. PP. 117-127.
6. Magda YU. S. LabVIEW: prakticheskiy kurs dlya inzhenerov i razrabotchikov. M.: DMK. Press, 2012. 208 s.
7. Kadochnikov G. N. Protokol ispytaniy № 07-06-2006 (1200012).

Informatsionnaya izmeritel'naya sistema IP-256M. FGU: «Kubanskaya MIS», 2006. 5 s.

8. Dewe-2000. Precision system for mapping terrain trafficability, tractor-implement performance and tillage quality / A. Yahya, M. Zohadie, A. F. Kheiralla, S. K. Gew, B. S. Wee, E. B. Ng. Proceedings of the 7th International Conference on Precision Agriculture and Other Precision Resources Management. Minneapolis. 25-28 July. Minneapolis: Hyatt Regency, 2004. RR. 23-41.

9. Antoshchenkov R. V. Dinamika ta yenergetika rukhu bagatoyelementnikh mashinno-traktornikh agregativ: monografiya. KH.: KHNTUSG, 2017. 244 s.

10. Shapovalov YU. K. i dr. Rezul'tati yeksperimental'nikh doslidzhen' tyagovoї dinamiki traktora KHTZ-242K //Інженерія природокористування. – 2018. – №. 1 (9). – S. 6-15.

11. I. Galych. Results of experimental researches of tractor fluctuations KhTZ-242K.20 //ТЕКА. Commission of motorization and energetics in agriculture. – 2018. – Vol. 18, №. 4. – S. 35-39.

12. Shapovalov YU. K. i dr. Rezul'tati yeksperimental'nikh doslidzhen' tyagovoї dinamiki chotir'okh gusenichnogo traktora KHTZ-280T //Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2018. – №. 190. – S. 243-250.

13. Antoshchenkov R. V. Vimiryuval'na sistema dinamichnikh ta tyagovo-yenergetichnikh pokaznikiv funktsionuvannya mobil'nikh mashin. Інженерія природокористування. Харків: KHNTUSG, 2014. Vip. 2 (2). S. 15-19.