

**Антощенко Роман Вікторович**, доктор  
технічних наук, професор, завідувач кафедри  
мехатроніки, безпеки життєдіяльності та  
управління якістю Державного  
біотехнологічного університету

**Дюндик Сергій Михайлович**, кандидат  
технічних наук, доцент кафедри  
автобронетанкової техніки Національної  
академії Національної гвардії України

**Кісь Олександр Вікторович**, магістрант  
кафедри мехатроніки, безпеки життєдіяльності  
та управління якістю Державного  
біотехнологічного університету

**Antoshchenkov Roman**,  
State Biotechnological University,  
<https://orcid.org/0000-0003-0769-7464>

**Diundyk Sergiy**,  
National Academy of the National Guard of  
Ukraine, <https://orcid.org/0000-0003-3558-0028>

**Kis Oleksandr**,  
State Biotechnological University,  
<https://orcid.org/0000-0002-0033-4495>

### ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ТЯГЛОВО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEM OF TRACTION TRANSPORT VEHICLES

Антощенко Р. В., Дюндик С. М., Кісь О. В.  
Інформаційно-вимірjuвальна система тяглого-  
транспортних машин. *Український журнал  
прикладної економіки та техніки*. 2022.  
Том 7. № 3. С. 47 – 53.

Antoshchenkov R., Diundyk S., Kis O. Information  
and measurement system of traction transport  
vehicles. *Ukrainian Journal of Applied Economics  
and Technology*. 2022. Volume 7. № 3, pp. 47 – 53.

*В роботі виконано синтез інформаційно-вимірjuвальної системи для тягово-транспортних машин. Встановлено, що залежно від призначення вимірjuвальні системи поділяють на вимірjuвальні інформаційні, вимірjuвальні контролюючі, вимірjuвальні керуючі та ін. Переважає кількість тракторів, що випускається, мають аналогові інформаційно-вимірjuвальні системи. Запропоновано структуру інформаційно-вимірjuвальної системи, що включає мікропроцесор та такі датчики: інерційно-вимірjuвальний пристрій (ІВП); датчик швидкості трактора; датчик швидкості обертання ДВЗ; витратомір палива. Розроблена інформаційно-вимірjuвальна система дозволяє більш оперативно визначати показники функціонування трактора та обирати оператором ефективні режими роботи, змінюючи передачу або швидкість руху. В залежності від зміни вимірjuвального завдання систему називають гнучкою вимірjuвальною системою. Визначено, що енергетична оцінка проводиться з метою визначення балансу потужності та правильності вибору енергетичного засобу для сільськогосподарської машини або визначення тягової характеристики трактора. Підлягають енергетичній оцінці дослідні зразки навісних, напівнавісних і причіпних сільськогосподарських машин і знарядь в агрегаті з тракторами, а також самохідні машини, що забезпечують виконання робочого процесу, або дослідні зразки машин з приводом від двигуна внутрішнього згорання або електродвигуна. При енергетичній оцінці визначають витрати потужності машинно-тракторним агрегатом на режимах роботи, при яких стійко виконуються технологічні операції. Енергетичну оцінку сільськогосподарських машин і знарядь проводять на спеціально обладнаному тракторі, відповідному по класу тяги випробуваній машині або знаряддю. Розроблена вимірjuвальна система відноситься до технічних засобів діагностування та експлуатаційного контролю і може бути використана в сільському господарстві та машинобудівній промисловості. Вона призначена для визначення кінематичних, динамічних, потужнісних та енергетичних характеристик мобільних машин та їх елементів при дорожніх, польових і стендових випробуваннях.*

**Ключові слова:** вимірjuвальна система, датчик, енергетична оцінка, трактор.

*The synthesis of the information and measurement system for traction transport vehicles was performed in the study. It was established that, depending on the purpose, measuring systems are divided into measurement information systems, measurement control systems, measurement control systems, etc. The majority of tractors produced have analog information and measurement systems. The structure of the information and measurement system was proposed, which includes a microprocessor and the following sensors: inertial measurement device (IMP); tractor speed sensor; engine rotation speed sensor; fuel flow meter. The developed information and measurement system allow to determine the parameters of the tractor's functioning more quickly and the operator may choose effective modes of operation by changing the transmission or speed of movement. Depending on the change of the measuring task, the system is called a flexible measurement system. It is determined that the energy assessment is carried out in order to determine the balance of power and the correctness of the choice of energy means for an agricultural machine or to determine the traction characteristics of a tractor. Experimental models of mounted, semi-mounted and trailed agricultural vehicles and implements in a unit with tractors, as well as self-propelled vehicles that ensure the execution of the work process, or experimental models of vehicles driven by an internal combustion engine or an electric motor are subject to energy evaluation. During the energy evaluation, the power consumption of the machine-tractor unit is determined in the modes of operation, in which technological operations are performed stably.*

© Антощенко Роман Вікторович, Дюндик Сергій Михайлович, Кісь Олександр Вікторович, 2022

## Вступ

Вимірювально-інформаційні технології є різновидом інформаційних технологій і виділяються з безлічі тим, що носять очевидний пізнавальний характер і реалізують такі специфічні процедури, що властиві тільки їм: отримання вихідної вимірювальної інформації в результаті взаємодії первинних вимірювальних перетворювачів (датчиків) з об'єктом вимірювань; перетворення вимірювальної інформації із заданою і гарантованою точністю; порівняння сигналів вимірювальної інформації з розмірами загальноприйнятих одиниць виміру, оцінка і подання характеристик залишкової невизначеності значень вимірюваних величин [1].

Сучасні вимірювальні інформаційні технології набувають додаткові властивості завдяки використанню апаратних і програмних засобів штучного інтелекту. Одним з найважливіших завдань розвитку вимірювальних інформаційних технологій є розширення номенклатури вимірюваних величин, забезпечення вимірювань в умовах впливу «жорстких» зовнішніх факторів (висока температура, великий тиск, вібрація тощо) [2].

Рішення подібних завдань пов'язано з ускладненням структури використовуваних засобів вимірювань (ЗВ), створенням комплексів взаємопов'язаних ЗВ і технічних засобів, необхідних для їх функціонування. Сучасні об'єкти дослідження характеризуються великою кількістю параметрів, що змінюються часом з великою швидкістю.

Іноді, щоб отримати інформацію про параметри об'єкта, необхідно проводити комплексні вимірювання, а значення вимірюваної величини отримувати розрахунковим шляхом на основі відомих функціональних залежностей між цією величиною і величинами, що піддаються вимірам.

## Мета статті

Зазначені проблеми вирішуються за допомогою інформаційно-вимірювальних систем (ІВС), що набули поширення на сільськогосподарській техніці для оперативного контролю за її функціонуванням. Виходячи з цього сформульовано мету, що полягає у синтезі структури інформаційно-вимірювальної системи з метою підвищення ефективності функціонування тракторів як тягово-транспортних машин.

## Виклад основного матеріалу дослідження

Залежно від призначення вимірювальні системи поділяють на вимірювальні інформаційні, вимірювальні контролюючі, вимірювальні керуючі та ін.

Вимірювальну систему, розбудовану в залежності від зміни вимірювального завдання, називають гнучкою вимірювальною системою (ГВС) [3].

Приклади вимірювальних систем:

– вимірювальна система теплоелектростанції, що дозволяє отримувати вимірювальну інформацію про ряд фізичних величин в різних енергоблоках, вона може містити сотні вимірювальних каналів;

– радіонавігаційна система для визначення місця розташування різних об'єктів, що складається з ряду вимірювально-обчислювальних комплексів, рознесених в просторі на значну відстань один від одного.

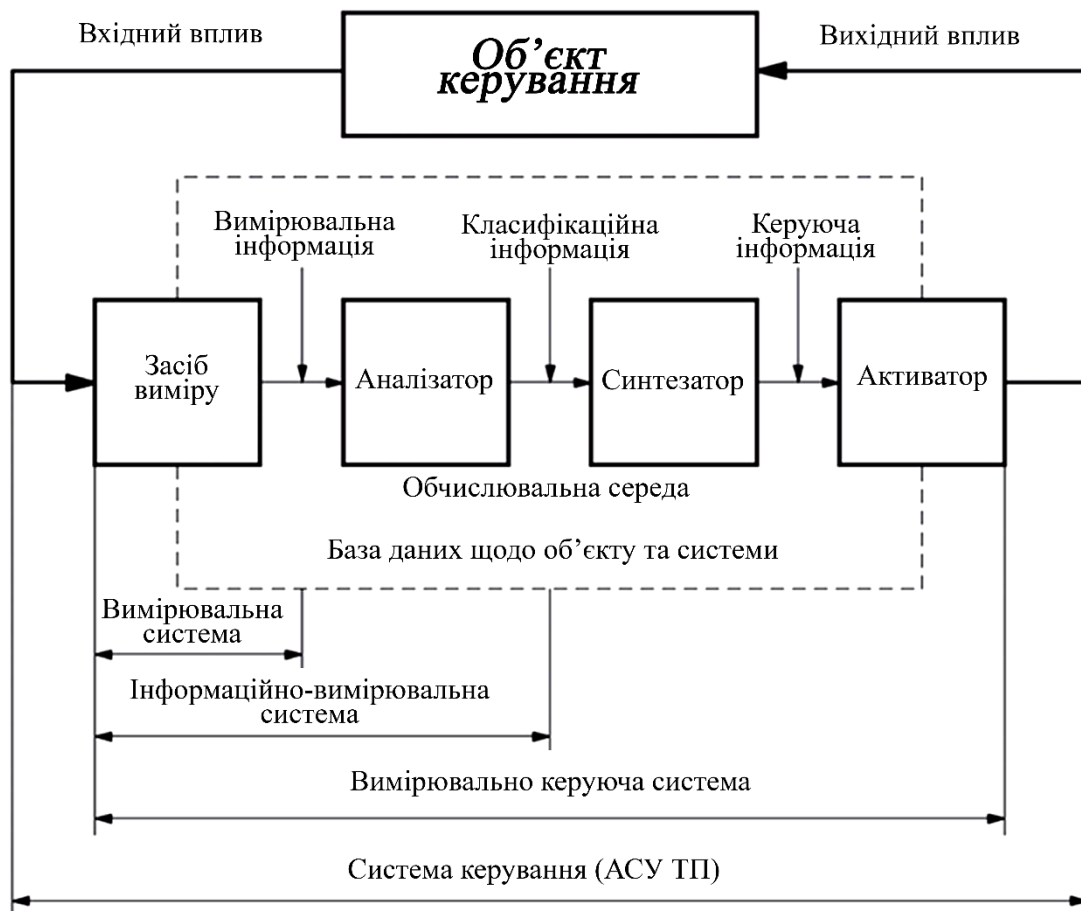
На практиці майже повсюдно застосовується термін «інформаційно-вимірювальна система», яка, на думку деяких видатних метрологів, невірно відображає поняття про вимірювально-інформаційні системи. При утворенні терміну метрологічного характеру на першому місці повинен вказуватися основний терміноелемент (в даному випадку – вимірювальна), потім – додатковий (інформаційна).

Сутність другого підходу відображена у визначеннях, наведених в ГОСТ Р 8.596-2002 «Метрологія. Метрологічне забезпечення вимірювальних систем. Основні положення». «Вимірювальна система» (ВС) – сукупність вимірювальних, сполучних, обчислювальних компонентів, що утворюють вимірювальні канали, і допоміжних пристроїв (компонентів вимірювальної системи), що функціонують як єдине ціле, призначена для вирішення наступних завдань:

– отримання інформації про стан об'єкта за допомогою вимірювальних перетворень в загальному випадку безлічі змін в часі і розподілених в просторі величин, що характеризують цей стан;

- машинна обробка результатів вимірювань;
- реєстрація та індикація результатів вимірювань і результатів їх машинної обробки;
- перетворення цих даних у вихідні сигнали системи з різними цілями [2, 3].

Розвиток ІВС доцільно розглядати в двох аспектах: структурному і функціональному. Перший відображає інтегрування різних підсистем, широке використання засобів обчислювальної техніки, що призводить до виникнення систем з гнучкою структурою. Другий аспект характеризує різке зростання числа функцій, які виконуються системою. При цьому центр ваги переноситься з вимірювальних функцій на інші інформаційні функції, пов'язані з використанням результатів вимірювань. Таким чином, в ІВС вимірювання все більшою мірою стає нерозривно пов'язаним з іншими функціями логічної обробки, аналізу результатів вимірювань, і його виділення не завжди можливо (рис. 1) [4].



**Рис. 1. Спрощена структура ІВС і АСУ ТП**

З огляду на наведені особливості ІВС, можна дати два наступних визначення ІС та ІВС в широкому сенсі.

Вимірювальна система – система засобів вимірювань та допоміжних технічних засобів, що являє собою засіб вимірювань.

Вимірювально-інформаційна система – інформаційна система, що складається з інформаційних засобів, включаючи засоби вимірювань, і допоміжних технічних засобів, в якій вимірювальна інформація перетворюється в інші види інформації [4].

Найбільшою структурною одиницею ІВС, для якої можуть нормуватись метрологічні характеристики, є вимірювальний канал. Він являє собою послідовне з'єднання засобів вимірювання, що утворюють ІС (деякі з цих коштів можуть бути багатоканальними, в цьому випадку слід говорити про послідовне з'єднання вимірювальних каналів зазначених засобів вимірювання). Таке з'єднання засобів вимірювання, передбачене алгоритмом функціонування, дозволяє виконувати закінчену функцію – від сприйняття вимірюваної величини до індикації

---

або реєстрації результату вимірів включно або перетворення його в сигнал, зручний для подальшого використання поза ІВС, для введення в цифровий або аналоговий обчислювальний пристрій, що входить до складу ІВС, для спільного перетворення з іншими величинами.

Типова структура вимірювального каналу включає в себе первинний вимірювальний перетворювач, лінії зв'язку, проміжний вимірювальний перетворювач, аналого-цифровий перетворювач, процесор, цифро-аналоговий перетворювач.

Розрізняють прості вимірювальні канали, які реалізують процедуру вимірювання будь-якої величини, і складні вимірювальні канали, які реалізують процедури вимірювання декількох величин і отримання шуканої величини розрахунковим шляхом на основі відомих функціональних залежностей між вимірюваними та тими, що розраховуються, величинами.

В даний час розвиток сучасної техніки тягне за собою все зростаючу потребу в машино-випробувальних станціях та інших випробувальних центрах, в більш точних і сучасних методах і засобах проведення випробувань, можливості моніторингу процесу випробувань в реальному часі і передачі даних, що отримуються, на великі відстані.

Одним з видів оцінок, проведених при випробуваннях сільськогосподарської техніки, є експлуатаційно-технологічна оцінка – оцінка експлуатаційних якостей (властивостей) сільськогосподарської техніки, що характеризують здатність виконувати технологічний процес в межах агротехнічного терміну з оптимальною продуктивністю, при дотриманні заданої зональною технологією якості виконання технологічної операції, мінімальними втратами змінного часу. В даний час при проведенні цієї оцінки найчастіше використовується хронометраж, при якому оператор фіксує інтервали часу за допомогою секундоміра і заносить їх в паперову відомість (хронокарту). Іноді застосовують електронні реєстратори.

Метод проведення експлуатаційно-технологічної оцінки регламентується ГОСТ Р 52778-2007 «Випробування сільськогосподарської техніки. Методи експлуатаційно-технологічної оцінки» [5]. В сучасних умовах науково-технічний прогрес диктує необхідність в додаток до цього методу розробити методику автоматизованого збору інформації в ході експлуатаційно-технологічної оцінки, віддаленого моніторингу робочої зміни, автоматизованого обчислення всіх необхідних показників з використанням сучасних технічних засобів і розробленого програмного забезпечення.

Енергетична оцінка проводиться з метою визначення балансу потужності та правильності вибору енергетичного засобу для сільськогосподарської машини або визначення тягової характеристики трактора.

Підлягають енергетичній оцінці дослідні зразки навісних, напівнавісних і причіпних сільськогосподарських машин і знарядь в агрегаті з тракторами, а також самохідні машини, що забезпечують виконання робочого процесу, або дослідні зразки машин з приводом від двигуна внутрішнього згоряння або електродвигуна [5].

При енергетичній оцінці визначають витрати потужності машинно-тракторним агрегатом на режимах роботи, при яких стійко виконуються технологічні операції.

При проведенні енергетичної оцінки машинно-тракторного агрегату реєструються крутний момент двигуна або крутний момент на ведучих двигителях, крутний момент на ВВП, частота обертання колінчастого валу двигуна, ведучих коліс і ВВП, пройдений шлях і час досвіду. Показники визначаються на залізкових гонах з оцінкою якості виконання технологічного процесу. Умови проведення енергетичної оцінки сільськогосподарських машин і стаціонарних агрегатів повинні відповідати технічним завданням, технічними умовами, а методи визначення – ГОСТ 20915-2011 [6–8].

Енергетичну оцінку сільськогосподарських машин і знарядь проводять на спеціально обладнаному тракторі, відповідному по класу тяги випробуваній машині або знаряддю.

Для проведення вимірювань використовують такі прилади:

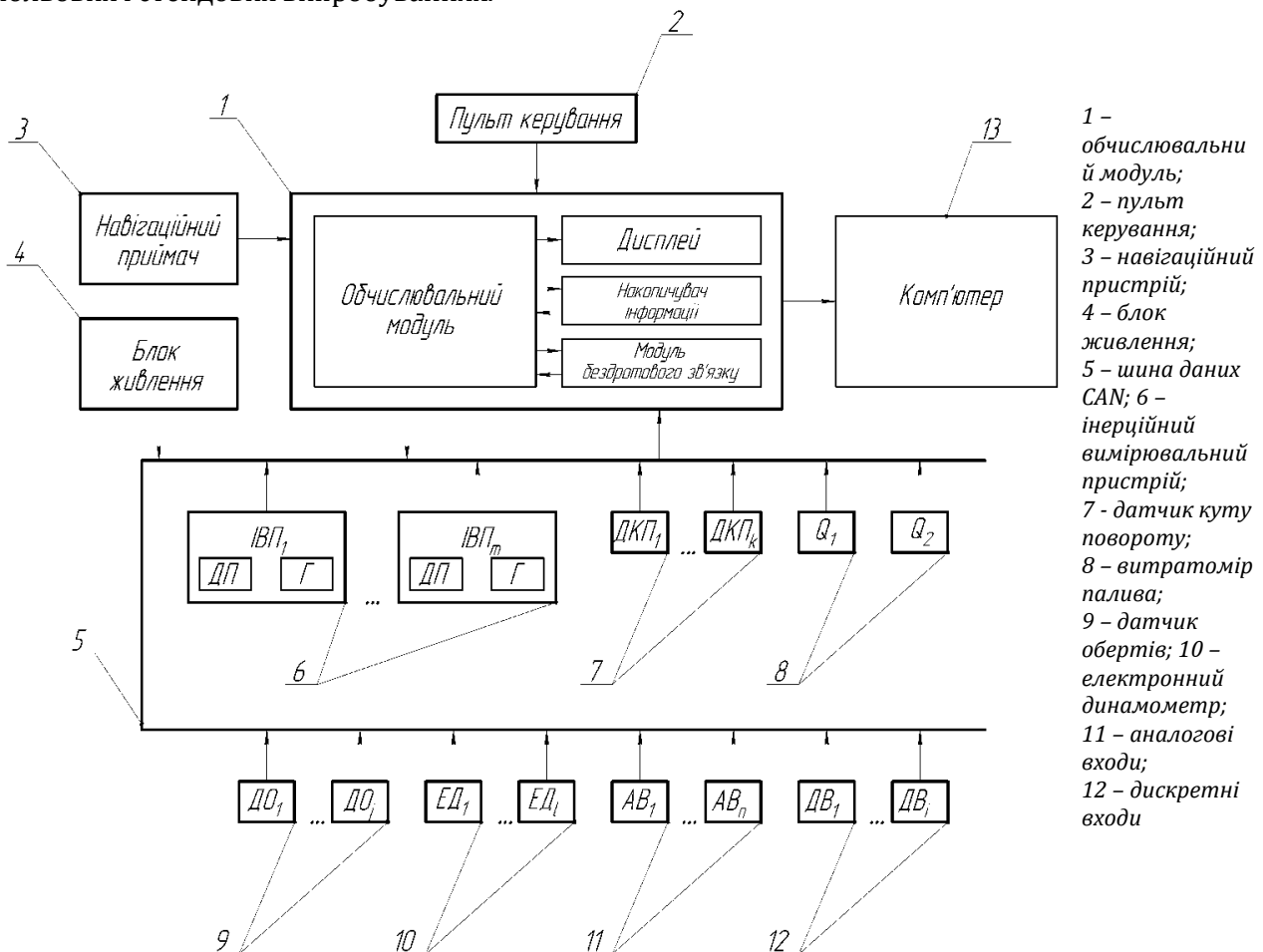
- тензOMETричні датчики або інші прилади для вимірювання крутного моменту двигуна, ВВП або на провідних колесах рушія;
- універсальні тензOMETричні ланки для динамометрів на причіпних і напівпричіпних машинах;
- датчики частоти обертання колінчастого валу двигуна, ВВП і ведучих коліс рушія;
- датчик пройденного шляху.

Структура інформаційно-вимірювальної системи має наступний вигляд (рис. 2).

ІВС включала мікропроцесор та такі датчики:

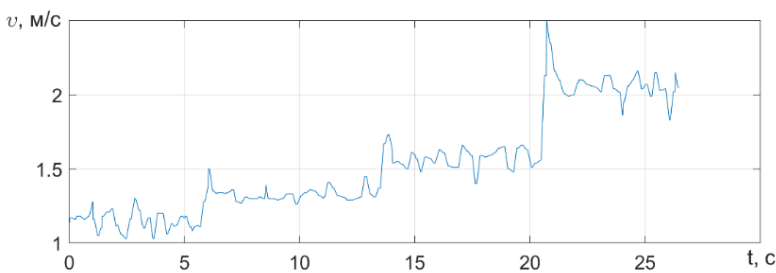
- інерційно-вимірювальний пристрій (ІВП);
- датчик швидкості трактора;
- інерційно-вимірювальний пристрій;
- датчик швидкості обертання ДВЗ;
- витратомір палива.

Розроблена вимірювальна система відноситься до технічних засобів діагностування та експлуатаційного контролю і може бути використана в сільському господарстві та машинобудівній промисловості. Вона призначена для визначення кінематичних, динамічних, потужнісних та енергетичних характеристик мобільних машин та їх елементів при дорожніх, польових і стендових випробуваннях.



**Рис. 2. Структурна схема вимірювальної системи**

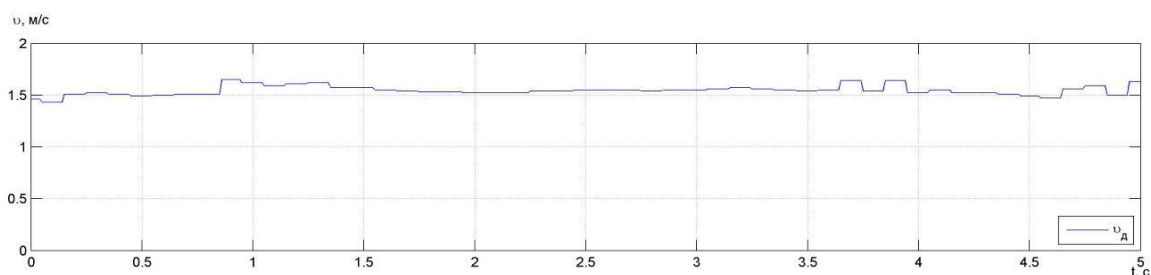
Експериментальні дослідження трактора ХТЗ-242К.20, обладнаного інформаційно-вимірювальною системою, проведено на навчальному полі ДБТУ [9–11]. В результаті експериментальних досліджень визначено швидкість руху трактора на різних передачах (рис. 3) та під час оранки (рис. 4); отримано залежності кутів орієнтації першої та другої піврами трактора й плуга (рис. 5) та визначена залежність швидкості обертання колінчастого валу ДВЗ від часу (рис. 6).



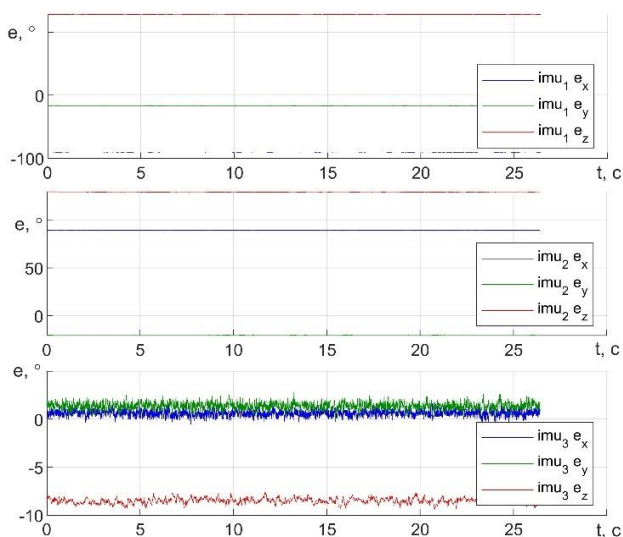
**Рис. 3. Залежність дійсної швидкості руху трактора ХТЗ-242К.20 на різних передачах**

Результати експериментальних досліджень (рис. 3–6) використано для формування (програмування) режимів роботи інформаційно-вимірювальної системи та визначення мінімальних та максимальних значень параметрів.

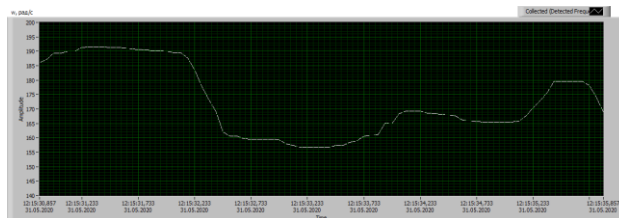
Результати експериментальних досліджень (рис. 3–6) використано для формування (програмування) режимів роботи інформаційно-вимірювальної системи та визначення мінімальних та максимальних значень параметрів.



**Рис. 4. Залежність дійсної швидкості руху трактора ХТЗ-243К.20 на оранці від часу**



**Рис. 5. Залежності кутів орієнтації першої та другої піврами трактора й плуга**



**Рис. 6. Залежність швидкості обертання колінчастого валу ДВЗ від часу**

### **Висновки та перспективи подальших розвідок**

Встановлено, що залежно від призначення вимірювальні системи поділяють на вимірювальні інформаційні, вимірювальні контролюючі, вимірювальні керуючі та ін. Переважна кількість тракторів, що випускається, мають аналогові інформаційно-вимірювальні системи. Запропоновано структуру інформаційно-вимірювальної системи, що включає мікропроцесор та такі датчики: інерційно-вимірювальний пристрій (ІВП); датчик швидкості трактора; датчик швидкості обертання ДВЗ; витратомір палива. Розроблена інформаційно-вимірювальна система дозволяє більш оперативно визначати показники функціонування трактора та обирати оператором ефективні режими роботи, змінюючи передачу або швидкість руху. Результати експериментальних досліджень використано для формування (програмування) режимів роботи інформаційно-вимірювальної системи та визначення мінімальних та максимальних значень параметрів.

### **Список літератури**

1. Федоренко В.Ф., Трубицын Н.В. Современные информационные технологии при испытаниях сельскохозяйственной техники. аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. 140 с.

2. Крюков В.В. Информационно-измерительные системы: учеб. пособие. Владивосток: ВГУЭС, 2000. 102 с.
3. Ранеев Г.Г. Измерительные информационные системы. М.: Приборостроение, 2010. 336 с.
4. Шило И.Н., Толочко Н.К., Романюк Н.Н., Нукешев С.О. Интеллектуальные технологии в агропромышленном комплексе. Минск: БГАТУ, 2016. 336 с.
5. Антощенко Р.В. Динаміка та енергетика руху багатоеlementних машинно-тракторних агрегатів: монографія. Х.: ХНТУСГ, «Міськдрук», 2017. 244 с.
6. Соловьев Ю.А. Спутниковая навигация и ее приложения. М.: Эко-Трендз, 2003. 326 с.
7. Воробьев В.А. Механизация и автоматизация сельскохозяйственного производства. М.: КолосС, 2004. 541 с.
8. Валетов В.А., Орлова А.А., Третьяков С.Д. Интеллектуальные технологии производства приборов и систем: учеб. пособие. СПб.: СПб ГУИТ-МО, 2008. 134 с.
9. Шаповалов Ю.К., Мельник В.І., Антощенко Р.В., Антощенко В. М., Кісь В.М., Циганенко М.О., Качанов В.В., Галич І.В. Результати експериментальних досліджень тягової динаміки трактора ХТЗ-242К. *Інженерія природокористування*. Харків: ХНТУСГ. 2018. №1(9). С. 6–15.
10. Шаповалов Ю.К., Мельник В.І., Антощенко Р.В., Антощенко В.М., Кісь В.М., Галич І.В., Никифоров А.О., Богданович С.А., Лук'яненко О.В. Результати експериментальних досліджень тягової динаміки чотирьох гусеничного трактора ХТЗ-280Т. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. Харків, 2018. Вип. 190. 2018. С. 243–250.
11. Galych I. Results of experimental researches of tractor fluctuations KhTZ-242K.20. *TEKA. Commission and energetics in agricultures*. 2018. Vol. 18. № 4.

## References

1. Fedorenko, V.F., Trubitsyn, N.V. (2015). *Sovremennye informacionnye tehnologii pri ispytaniyah cel'skhozjajstvennoj tehniki*. [Modern information technologies during testing of agricultural machinery]. FGBNU "Rosinformagrotech. Moscow. Russia.
2. Kryukov, V.V. (2002). *Informacionno-izmeritel'nye istemy*. [Information-measuring systems: textbook]. VGUES. Vladivostok. Russia.
3. Previously, G.G. (2010). *Izmeritel'nye informacionnye sistemy*. [Measuring information systems]. Priborostroenie. Moscow. Russia.
4. Shilo, I.N., Tolochko, N.K., Romanyuk, N.N., Nukeshev, S.O. (2016). *Intellektual'nye tehnologii v agropromyshlennom komplekse*. [Intellectual technologies in the agro-industrial complex]. BGATU. Minsk. Belarus.
5. Antoshchenkov, R.V. (2017). *Dinamika ta energetika ruhu bagatoelementnih mashinno-traktornih agregativ*. [Dynamics and power engineering of the power plant of rich-element machine-tractor units]. HNTUSG, Miskdruk. Kharkiv. Ukraine.
6. Solovyov, Yu.A. (2003). *Sputnikovaja navigacija i ee prilozhenija*. [Satellite navigation and its applications]. Eco-Trends. Moscow. Russia.
7. Vorobyov V.A. (2004). *Mehanizacija i avtomatizacija sel'skhozjajstvennogo proizvodstva*. [Mechanization and automation of agricultural production]. KolosS. Moscow. Russia.
8. Valetov, V.A., Orlova A.A., Tretyakov S.D. (2008). *Intellektual'nye tehnologii proizvodstva priborov i sistem*. [Intelligent technologies for the production of devices and systems]. St. Petersburg GUIT-MO. St. Petersburg. Russia.
9. Shapovalov, Yu.K., Melnik, V.I., Antoshchenkov, R.V., Antoshchenkov, V.M., Kis, V.M., Tsiganenko, M.O., Kachanov, V.V., Galich, I.V. (2018). «The results of experimental studies of the traction dynamics of the KhTZ-242K tractor». *Engineering of natural resources*. no. 1(9), pp. 6–15.
10. Shapovalov, Yu.K., Melnik, V.I., Antoshchenkov, R.V., Antoshchenkov, V.M., Kis, V.M., Galich, I.V., Nikiforov, A.O., Bogdanovich, S.A., Luk'yanenko, O.V. (2018). «The results of experimental studies of the traction dynamics of a tracked tractor XTZ-280T». *Bulletin of the Peter Vasilenko Kharkiv National Technical University of the State of Agriculture*. vol. 190, pp. 243–250.
11. Galych, I. (2018). «Results of experimental researches of tractor fluctuations KhTZ-242K.20. TEKA». *Commission and energetics in agricultures*. vol. 4, pp. 34–40.

**Стаття надійшла до редакції 21.09.2022 р.**