

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИНАМИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРАКТОРОВ И МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

канд. техн. наук, доц. Антощенко Р.В.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенка, Украина
roman.tiaxntusg@gmail.com

Аннотация: Проанализированы конструкции измерительных систем для исследования динамики тракторов и машинно-тракторных агрегатов. Предложена конструкция измерительной системы динамических и энергетических параметров тракторов и машинно-тракторных агрегатов. Обоснован принцип действия измерительной системы. Проведен анализ способов определения буксования колёс трактора. Приведены результаты экспериментальных исследований машинно-тракторных агрегатов с помощью предложенной измерительной системы.

Ключевые слова: ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА, ТРАКТОР, ДИНАМИКА, БУКСОВАНИЕ

1. Введение

Измерительные системы, которые используются для исследования работы тракторов и машинно-тракторных агрегатов на сегодняшний день не в состоянии измерить множество параметров функционирования в динамике при выполнении технологических процессов в сельском хозяйстве. С появлением современных сельскохозяйственных агрегатов вопросы определения качества и количества контролируемых параметров при работе машинно-тракторных агрегатов стали более актуальными.

Известные измерительные системы являются универсальными, или используются в автоматизированных системах управления технологическими процессами. Недостатком таких систем является то, что с их помощью можно только контролировать промежуточные значения параметров функционирования машинно-тракторных агрегатов [1, 2]. Другие системы имеют небольшое количество датчиков, поэтому измеряют ограниченное число параметров функционирования машин, по которым рассчитываются тяговые и энергетические параметры математически по предложенным методологиям [3]. По расходу топлива с достаточной точностью можно определить энергетические показатели МТА [4, 5]. Траектории движения трактора или автомобиля определяют с помощью GPS приемников [6], устанавливаемых на сельскохозяйственных тракторах или автомобилях.

2. Основная часть

Используя результаты предыдущих исследований [3-5] на кафедре «Тракторы и автомобили» Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. П. Василенко создана измерительная система для определения динамических и тягово-энергетических показателей функционирования мобильных машин.

Основным элементом данной системы является компьютер (ноутбук) и/или вычислительный модуль. В данном узле происходит обработка и хранение данных с датчиков и измерительных устройств. В качестве накопителя информации используется жесткий диск или USB Flash drive. В вычислительном модуле установлен сенсорный дисплей для отображения записываемых параметров и управления измерительной системой, поэтому его можно использовать без ноутбука.

Структурная схема измерительной системы для определения динамических и тягово-энергетических показателей функционирования мобильных машин приведена на рис. 1.

Количество и типы датчиков, которыми оснащается машина при испытаниях, зависит от ее вида и параметров, необходимых для изучения. Для определения динамики трактора или элементов агрегата используется инерциальное измерительное устройство 6, состоящие из гироскопов и

датчиков ускорений, количество которых зависит от количества испытываемых элементов.

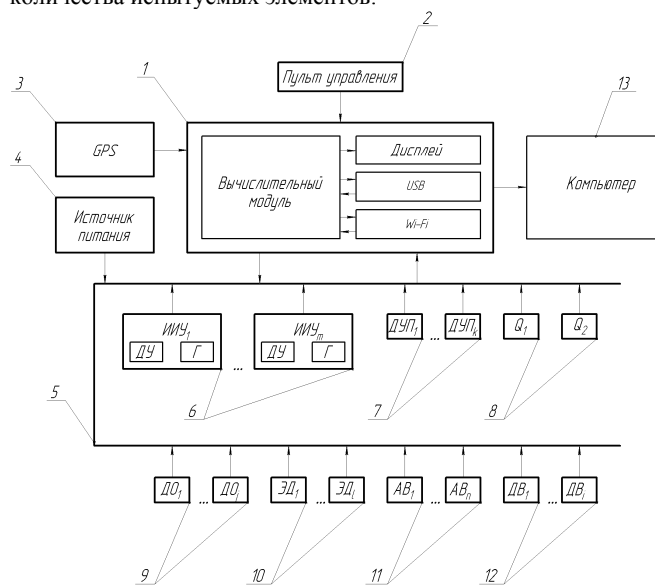


Рис. 1 Структурная схема измерительной системы для определения динамических и тягово-энергетических показателей функционирования мобильных машин:

1 – вычислительный модуль; 2 – пульт управления; 3 – навигационное устройство; 4 – блок питания; 5 – шина данных CAN; 6 – инерциальное измерительное устройство; 7 – датчик угла поворота; 8 – расходомер топлива; 9 – датчик оборотов; 10 – электронный динамометр; 11 – аналоговые входы; 12 – дискретные входы

Система может обрабатывать данные с восьми инерционных измерительных устройств (ИИУ). Этими устройствами определяются следующие параметры: a_x – ускорение вдоль оси x , m/c^2 ; a_y – ускорение вдоль оси y , m/c^2 ; a_z – ускорение вдоль оси z , m/c^2 ; ω_x – угловая скорость вращения вокруг оси x , m/c^2 ; ω_y – угловая скорость вращения вокруг оси y , m/c^2 ; ω_z – угловая скорость вращения вокруг оси z , m/c^2 .

Получение навигационной информации, траектории движения, скорости и высоты над уровнем моря происходит с помощью навигационного устройства 3. Для определения углов поворота колес, или износа рам трактора или агрегата применяют датчики угла поворота 7. Датчики расхода топлива 8 устанавливаются в топливопровод трактора в прямом и обратном направлении подачи топлива, то есть система учитывает топливо, сливаемое в бак. Скорость вращения колес, валов трансмиссии, двигателя внутреннего сгорания и ВВП определяется датчиками скорости вращения 9. Между элементами мобильной машины автомобилем и прицепом или в МТА между трактором и сельскохозяйственными машинами

устанавливаются динамометры 10. Устройство дополнительно оборудуется аналоговыми 11 и дискретными входами 12. Коммуникация между датчиками, ИПП и вычислительным модулем происходит по шине CAN 5. Данная шина имеет несколько степеней защиты, в том числе от обрыва сигнальных проводов [7].

3. Датчик скорости вращения колёс

Определение скорости вращения колес мобильной машины основывается на определении угловой скорости вращения колес ω_k и измеряется с помощью гироскопа ω_z и акселерометра a_z [8].

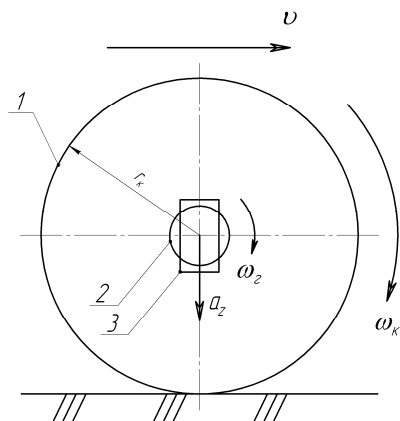


Рис. 2 Датчик определения скорости вращения колеса мобильной машины: 1 – колесо; 2 – гироскоп; 3 – акселерометр

В центр колеса 1 мобильной машины (рис. 2) устанавливается датчик скорости вращения, состоящий из гироскопа 2 и акселерометра 3. Центры гироскопа и акселерометра должны совпадать с центром колеса мобильной машины. Ось и плоскость вращения гироскопа параллельные колесу. Соответственно ось акселерометра параллельна продольной плоскости колеса. При движении трактора его поступательная скорость будет равняться v , соответственно колесо трактора, учитывая буксования, будет иметь угловую скорость вращения ω_k . Угловая скорость, измеряемая гироскопом, будет равняться угловой скорости вращения колеса $\omega_z = \omega_k$. При вращении колеса сигнал акселерометра a_z будет изменяться по синусоидальному закону, а частота данного сигнала будет равняться скорости вращения колеса $\omega_k = f(a_z)$. Угол наклона колеса к горизонту меняет амплитуду сигнала акселерометра, но частота сигнала всегда равна скорости вращения.

Данный способ замера скорости вращения колеса позволяет избавиться от использования дорогостоящих и прецизионных энкодеров и необходимости вносить изменения в конструкции трансмиссии трактора для установки датчиков скорости вращения основанных на эффекте Холла.

В соответствии с ГОСТ 30745-2001 буксование δ для каждого движителя определяется по разности скорости вращения колёс при движении трактора под нагрузкой n_0 и без n'_0 :

$$\delta = \left(1 - \frac{n'_0}{n_0}\right) \cdot 100\% . \quad (1)$$

Стандарт ISO 789-9:1990 предполагает измерять буксование по разности количества оборотов колеса пройденного на мерном участке при движении трактора под нагрузкой N_1 и без неё N_0 :

$$\delta = \frac{100 \cdot (N_1 - N_0)}{N_1} . \quad (2)$$

Перечисленные способы позволяют получить усреднённые значения буксования при полном прохождении мерного

участка. При использовании датчиков скорости вращения колёс буксование определяется так:

$$\delta = \frac{2 \cdot \pi \cdot \omega \cdot r_o - v_o}{v_o} \cdot 100\% ,$$

где ω – текущая скорость вращений колеса, определённая датчиком; r_o – действительный радиус колеса, определяемый по ГОСТ 25641.1-94; v_o – действительная скорость движения, измеряемая с помощью GPS приёмника.

Приведенный способ определения скорости вращения колёс трактора позволяет в динамике исследовать буксование для каждого из колёс в текущий момент времени (мгновенное значение).

4. Расходомер топлива

К измерительной системе подключается датчик расхода топлива, состоящий из трех блоков (рис. 3). Датчики расхода топлива 1 и 2 устанавливаются в моторном отсеке. Например, один датчик присоединяется в магистраль подачи топлива, а другой - в сливную магистраль. Топливо подается из впускного отверстия датчика 3, в котором находится датчик температуры 4. Посчитанное топливо выходит из датчика через выпускное отверстие 5. Механические датчики с помощью шнуров 6 соединены с электронным блоком 7.

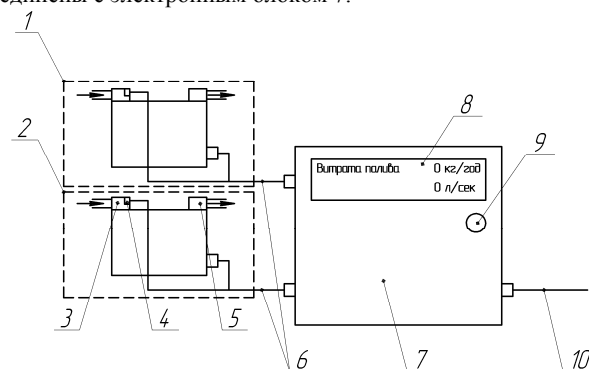


Рис. 3 Схема датчиков расхода топлива:

1 и 2 – датчики расхода топлива; 3 – впускное отверстие; 4 – датчик температуры; 5 – выпускное отверстие; 6 – соединительные шнуры; 7 – электронный блок; 8 – блок индикации и управления; 9 – кнопка управления; 10 – CAN шина

На блоке индикации и управления 7 отображается расход топлива и дополнительная информация (на графическом дисплее 8), а кнопкой 9 происходит управление. Данные расхода топлива, температуры поступают к CAN шине.

Датчики расхода топлива устанавливают следующим образом. В двухконтурной системе питания мобильной машины один датчик нужно установить в разрыв топливопровода между фильтром очистки топлива и насосом, а второй датчик в обратный трубопровод (рис. 4).

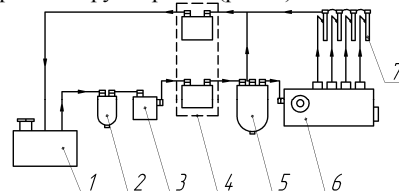


Рис. 4 Установка датчиков расхода топлива в двухконтурную топливную систему:

1 – топливный бак; 2 – фильтр грубой очистки топлива; 3 – подкачивающий насос; 4 – датчики расхода топлива; 5 – фильтр тонкой очистки топлива; 6 – топливный насос высокого давления; 7 – форсунки

В одно контурной системе питания (рис. 4.3, б) датчик расхода топлива устанавливается между баком и топливным насосом двигателя внутреннего сгорания.

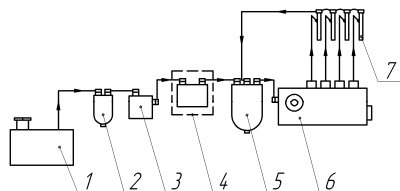


Рис. 5 Установка датчиков расхода топлива в одноконтурную топливную систему:

1 – топливный бак; 2 – фильтр грубой очистки топлива; 3 – подкачивающий насос; 4 – датчики расхода топлива; 5 – фильтр тонкой очистки топлива; 6 – топливный насос высокого давления; 7 – форсунки

5. Результаты экспериментальных исследований

Измерительная система динамических и энергетических параметров тракторов и машинно-тракторных агрегатов применялась при исследовании четырёх гусеничного трактора ХТЗ-280Т (рис. 6.)



Рис. 6 Общий вид трактора ХТЗ-280Т и плуга ПЛН-8-35

Схемы установки датчиков на трактор ХТЗ-280Т приведены на рис. 7.

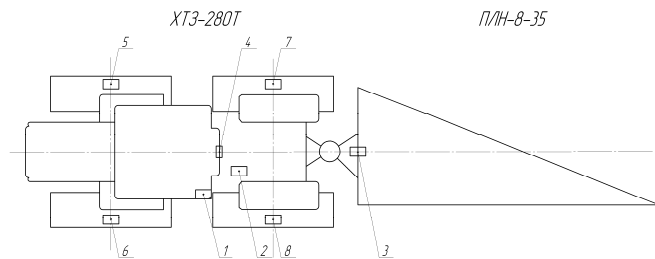


Рис. 7 Установка датчиков расхода топлива в одноконтурную топливную систему.

В соответствии с программой экспериментальных исследований использовались датчики измерительной системы которые располагались на тракторе в соответствии с рис. 7: 1 – ИИУ (инерциальное-измерительное устройство включающее трёх осевой акселерометр и гироскоп) расположенное на раме кабины трактора, 2 – ИИУ расположенное на задней полураме трактора ближе к шарниру соединяющему полурамы, 3 – ИИУ расположенное на второй полураме трактора вертикально над задней ведущей осью, 4 – антенна GPS приёмника, 5-8 – датчики скорости вращения колёс.

Буксование движителей четырёх гусеничного трактора ХТЗ-280Т при пахоте стерни составило не более 5% (рис. 8). На рис. 8 наведены следующие обозначения: v_0 – действительная скорость движения трактора, м/с; $v_{m1}, v_{m2}, v_{m3}, v_{m4}$ – теоретические скорости движения движителей трактора определённые по скорости вращения ведущего колеса (звёздочки) (соответственно переднего правого, переднего левого, заднего правого и заднего левого колёс); δ_i – буксование i -го движителя, %.

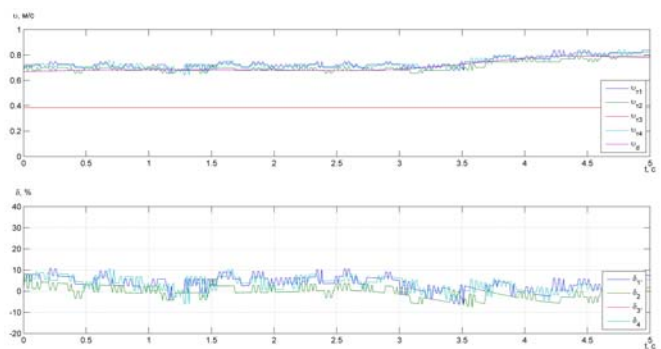


Рис. 8. Теоретические, действительная скорость движения и буксование:

6. Заключение

Измерительная система динамических и энергетических показателей тракторов и машинно-тракторных агрегатов позволяет повысить эффективность экспериментальных исследований.

Предложенный способ замера скорости вращения колеса позволяет избавиться от использования дорогостоящих и прецизионных энкодеров и необходимости вносить изменения в конструкции трансмиссии трактора для установки датчиков скорости вращения основанных на эффекте Холла.

Приведенный способ определения скорости вращения колёс трактора позволяет в динамике исследовать буксование для каждого из колёс в текущий момент времени (мгновенное значение).

Результаты экспериментальных исследований доказали эффективность использования измерительной системы при проведении полевых и лабораторных испытаний трактор и машинно-тракторных агрегатов.

7. Литература

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. Сбор данных в системах контроля и управления [Текст] / Дж. Парк, С. Маккей. – М.: «Группа ИДТ», 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. Навіаційне 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.: ЦНД НіУ, 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 КЖИ За рулем». – 2004. – 992 с.
8. 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. – № у 2014 09937; заяв. 10.09.14; надрук. 10.02.15, Бюл. № 3.