

УДК 681.508

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ
ТЯГОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ТРАКТОРОВ**

**Овсянников С.И., к.т.н., доц., Шевченко С.А., к.т.н., Огильба В.Ф.,
магистр.**

*(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко)*

*Представлено анализ и состав измерительного комплекса для проведения
тяговых испытаний тракторов.*

Введение. Все исследования построены на измерениях конкретных величин и параметров и оценки достоверности полученных данных. Стремительное развитие техники, технологий, приборов и вычислительных машин позволяют значительно упростить процесс измерения и обработки результатов, отображать одновременно несколько параметров в текущем режиме измерения, использовать полученные данные измерений в системах

автоматического управления рабочими процессами, а также для оценки их технического состояния.

Современные исследователи стремятся оценить технические параметры и тяговые возможности не только по основным параметрам, как то тяговое усилие $F_{кр}(t)$, теоретическая и действительная скорости движения V_m, V_d , расход топлива $G(t)$ и т.п., но и продолжительность разгона, плавность хода, влияние неголономных связей на динамику движения машины или агрегата [1, 2]. Для оценки этих параметров применяются различные датчики и устройства. Но зачастую они применяются как отдельные элементы, не связанные в единый комплекс оценки машины во взаимосвязи источников внешних возмущений и внутреннего состояния системы.

На основе вышеизложенного, **целью работы** является обоснование и разработка измерительного комплекса для тяговых испытаний с.-х. тракторов.

Задачи: - обосновать состав измерительного комплекса для проведения тяговых испытаний; - обосновать применение датчиков в зависимости от задач исследований; - разработать схему контроллера для одновременного приема сигналов от измерительного комплекса; - разработать схему аналого-цифрового преобразователя и программу для регистрационно-запоминающего устройства.

Результаты. Для оценки тяговых и динамических параметров современных с.-х. тракторов минимально необходимо измерять:

- усилия, передаваемые через навесные и прицепные устройства (заднюю, переднюю, боковые); тягового сопротивления орудий и их рабочих органов; приложения к органам управления и т.п.;

- крутящий момент на валах привода колес или ведущих звездочек, тормозных устройств, коленчатого вала двигателя, валов отбора мощности и т.п.;

- угловые скорости (частоту) вращения или угол поворота ведущих колес (звездочек); коленчатого вала двигателя, валов трансмиссии;

- величину линейного или пространственного перемещения агрегата;

- расход топлива;

- ускорения перемещений остова машины или его отдельных элементов в линейных направлениях или в пространстве.

Учитывая, что современные средства измерения используют электронную обработку сигнала, необходимо преобразовать измеряемый параметр в эквивалентную электрическую величину. Полученная электрическая величина должна содержать всю информацию об измеряемом параметре [3]. Для преобразования измеряемой физической величины в эквивалентный сигнал электрической природы (заряд, ток, напряжение или импеданс), являющийся функцией измеряемой величины, применяют датчики.

Наиболее массовыми электрическими элементами для измерения величины силы являются резистивные и полупроводниковые тензометрические датчики, а также пьезоэлектрические преобразователи. Тензометрический датчик измеряет силу косвенным методом - путем измерения деформации калиброванного элемента, вызванной действием данной силы. Измерительное устройство состоит из чувствительного элемента и датчика. Чувствительный элемент реагирует на изменения измеряемой физической величины. Датчик преобразует эти изменения в электрические сигналы.

Полупроводниковые тензодатчики используют пьезорезистивный эффект, возникающий в некоторых полупроводниковых материалах, таких как кремний и германий, и используются для получения большей чувствительности устройства и его выходного сигнала. Полупроводниковые датчики при их деформировании могут выдавать положительный, либо отрицательный сигнал. Их можно сделать достаточно малых размеров при сохранении высокого номинала сопротивлений.

Полупроводниковые тензомосты обладают в 30 раз большей чувствительностью чем металлофольговые, но выходной сигнал в значительной степени зависит от температуры и трудно поддается компенсации. Изменение сопротивления от деформации носит нелинейный характер. Их можно сделать достаточно малых размеров при сохранении высокого номинала

сопротивлений. Полупроводниковые тензодатчики целесообразно применять в случаях, где вариации температуры малы, а величина чувствительности важна.

Пьезоэлектрические преобразователи силы применяются в тех случаях, когда сила имеет динамический характер (т.е. меняющаяся в измеряемом интервале времени, порядка нескольких мс). Фактически, пьезоэлектрические преобразователи являются преобразователями сдвига (смещения) с достаточно большим зарядом на выходе при малом механическом сдвиге, и они часто используются как преобразователи силы, считая, что в упругих материалах сдвиг пропорционален приложенной силе.

На основе проведенного обзора для измерения сил и моментов при тяговых испытаниях рекомендуется применять датчики на основе тензометрических резисторов или полупроводниковых тензодатчиков.

Для измерения угловых перемещений малых величин рекомендованы датчики на основе дифференциальных трансформаторов с поворотным якорем (рис. 1). Катушки 1 и 3 намотаны встречно, а к катушке 2 подводится первичное напряжение.

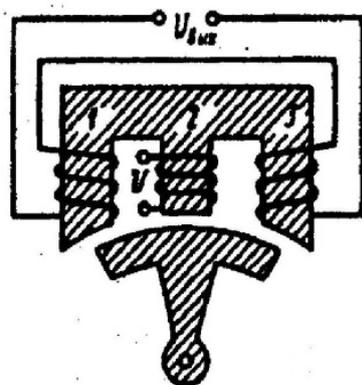


Рис. 1. Принципиальная схема устройства датчика угловых перемещений.

Для измерения частоты вращения вращающихся деталей рекомендуется применять индуктивные (генераторные) датчики, в которых изменение неэлектрической величины вызывает появление ЭДС. К генераторным датчикам относятся индукционные, термоэлектрические, пьезоэлектрические преобразователи, тахогенераторы и др. Нередко в одном корпусе объединяются собственно датчик и усилитель-преобразователь. Такие датчики очень надежны

и просты в эксплуатации. Они могут работать при воздействии шумов, света, диэлектрической пыли и жидкостей. Имеют четко очерченную активную зону. При попадании в активную зону датчика любого металлического предмета, происходит изменение логического состояния выходного коммутирующего элемента датчика, в качестве которого может использоваться PNP или NPN транзистор или тиристор (при работе датчика на переменном токе).

Все чаще исследователи сталкиваются с необходимостью оценивать разгонные качества машины, колебания отдельных узлов и агрегатов. Для этого используют датчики ускорений – акселерометры. Акселерометры представляют собой датчики линейного ускорения и в этом качестве широко используются для измерения углов наклона тел, сил инерции, ударных нагрузок и вибрации. Современные технологии микрообработки позволяют изготовить интегральные акселерометры, имеющие малые габариты. К ним относятся пленочные пьезоэлектрические датчики ускорения, выполненные на основе многослойной пьезоэлектрической полимерной пленки. Многослойная пленка закреплена на подложке из окиси алюминия и к ней присоединена инерционная масса из порошкового металла. При изменении скорости движения датчика в результате действия инерционных сил происходит деформация пленки. Благодаря пьезоэффекту возникает разность потенциалов на границах слоев пленки, зависящая от ускорения. Чувствительный элемент датчика обладает чрезвычайно высоким выходным сопротивлением.

Объемные интегральные акселерометры рекомендуется использовать как для измерения ускорений, так и для оценки кренов. Выходное напряжение акселерометра пропорционально синусу угла наклона оси его чувствительности относительно горизонта. Для того чтобы определить однозначно этот угол, необходимо использовать двухосный акселерометр, например ADXL202.

Для оценки перемещения испытуемой машины в горизонтальной плоскости рекомендуется цифровой компас (рис. 2), состоящий из модуля магнитометра (компаса) и альтиметра (высотомера) на основе пьезорезистивного датчика давления. Направление определяется по встроенному

двухосевому магнитному датчику относительно магнитного меридиана. Данные передаются по интерфейсу I2C, что позволяет использовать модуль со всеми современными микроконтроллерами.

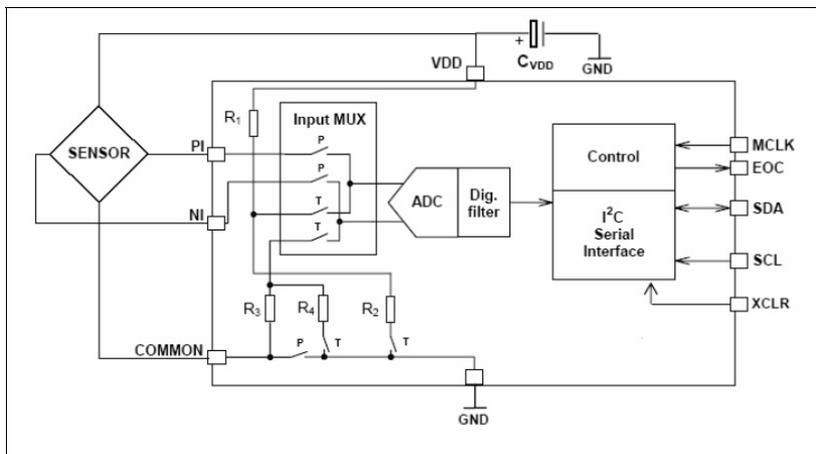


Рис. 2. Функциональная схема HDPM01.

Для регистрации и отображения результатов тяговых испытаний разработана компьютерная система, структурная схема которой представлена на рис. 3.

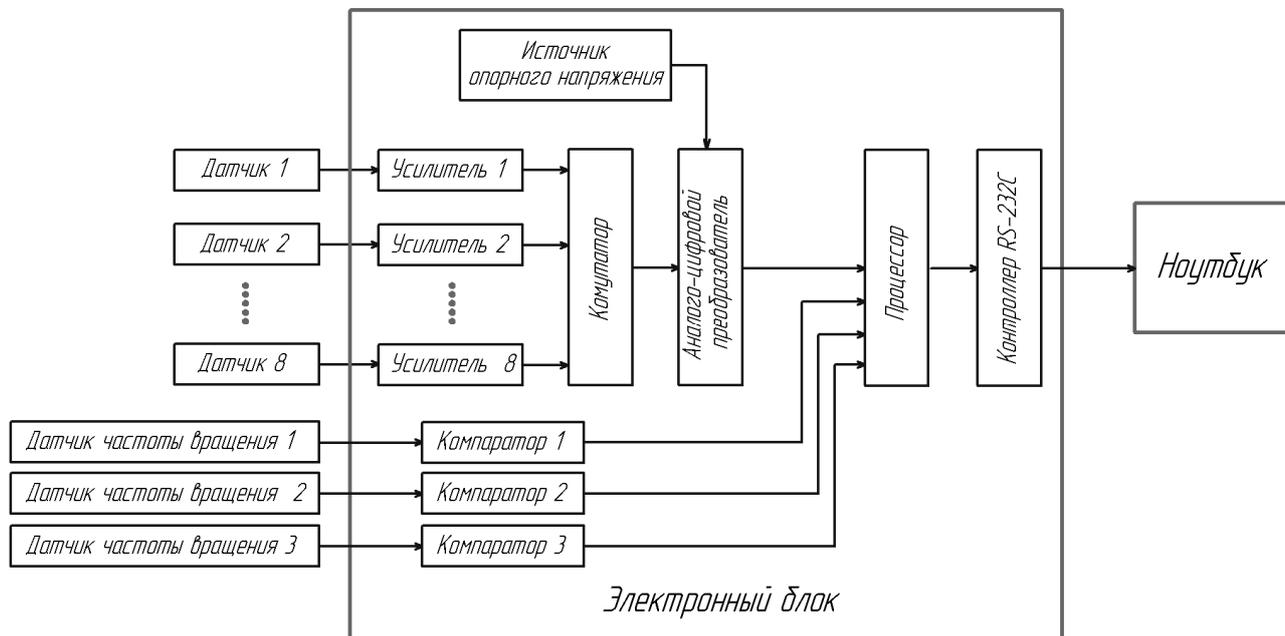


Рис. 3. Структурная схема компьютерной измерительной системы.

Электронный блок системы имеет модульную конструкцию. Базовой частью является плата с микропроцессором Atmega32-16PU. Этот 8-разрядный микропроцессор имеет внутреннюю энергонезависимую память программ и

оперативную память данных, 10-разрядный 8-канальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП), источник опорного напряжения, три таймера (два 8-разрядных таймера и один 16-разрядный таймер) и контроллер последовательного канала связи. Микропроцессор можно программировать непосредственно в составе электронного блока с помощью персонального компьютера, что упрощает разработку программного обеспечения. Микропроцессор работает с тактовой частотой 7,3728 МГц, избранной исходя из необходимости поддержки стандартизированных скоростей обмена данными в компьютерных системах [4]. Внутренние таймеры микропроцессора могут использоваться для ввода частотных сигналов от датчиков вращения валов (сигналы проходят через компараторы – пороговые схемы с петлей гистерезиса, необходимые для предотвращения возникновения ошибок от помех). На плате процессора размещены 8 усилителей, которые используются для ввода стандартизованных сигналов в пределах 0..10 В, 0..5 мА, 0..20 мА и 4..20 мА. Для подключения датчиков с не стандартизованными исходными сигналами к плате процессора могут присоединяться специализированные платы (в частности – плата с инструментальными усилителями для подключения тензодатчиков).

Ввод сигналов от тензодатчиков имеет определенную особенность, которую рассмотрим детальнее. Поскольку сигнал тензодатчика пропорционален напряжению питания (которое может изменяться в зависимости от количества присоединенных датчиков и температуры воздуха), то измерения обычно осуществляют по логотрической схеме – то есть, используют указанное напряжение питания в качестве источника опорного напряжения аналого-цифрового преобразователя. Однако такое решение затрудняет ввод выше указанных стандартизованных сигналов. Поэтому в плате процессора используется высокоточный источник опорного напряжения, а фактическое значение напряжения питания тензодатчиков измеряется с помощью одного из каналов аналого-цифрового преобразователя

Накопление, преобразование и передача информации происходят в такой последовательности. Во-первых, на протяжении измерительного цикла (его продолжительность определяется при помощи одного из таймеров) происходит многократное измерение сигналов датчиков. Для этого аналого-цифровой преобразователь с помощью коммутатора поочередно подключается к каждому из усилителей сигналов датчиков. Результаты измерений сигналов каждого датчика накапливаются; для каждого датчика отдельно учитывается количество измерений, выполненных с начала цикла.

Во-вторых, по окончании времени, отведенного на измерительный цикл, вычисляются средние значения сигнала каждого датчика. Такое усреднение значительно уменьшает влияние как внешних, так и внутренних шумов и помех (помехи от других функциональных узлов и ноутбука, а также помехи, создаваемые электрической сетью машины).

В-третьих, осуществляется преобразование результатов усреднения в текстовую форму для удобства передачи, просмотра, накопления и дальнейшей обработки. А именно, формируется строка символов, в которой результаты усреднения исходных сигналов датчиков отделяются друг от друга символами табуляции. Строка завершается, как это принято в наиболее распространенных операционных системах, символами CR (“возврат каретки”) и LF (“переход на новую строку”). Результаты, при их просмотре в текстовом редакторе, будут сгруппированы в столбцы фиксированной ширины независимо от значений, которые в них содержатся. Передача данных в ноутбук осуществляется по последовательному каналу связи, выполненному согласно стандарту RS-232C [4] (при необходимости, применяется преобразователь сигналов RS-232C/USB). Компьютер (ноутбук) накапливает полученную информацию, осуществляет ее обработку и представление в удобной для анализа форме.

С помощью этой компьютерной системы осуществлялись, например, исследования рельефа лесных почв [5] на основе блока акселерометра. Для отображения результатов измерений на экране компьютера и регистрации в памяти используется программа LabView фирмы National Instruments.

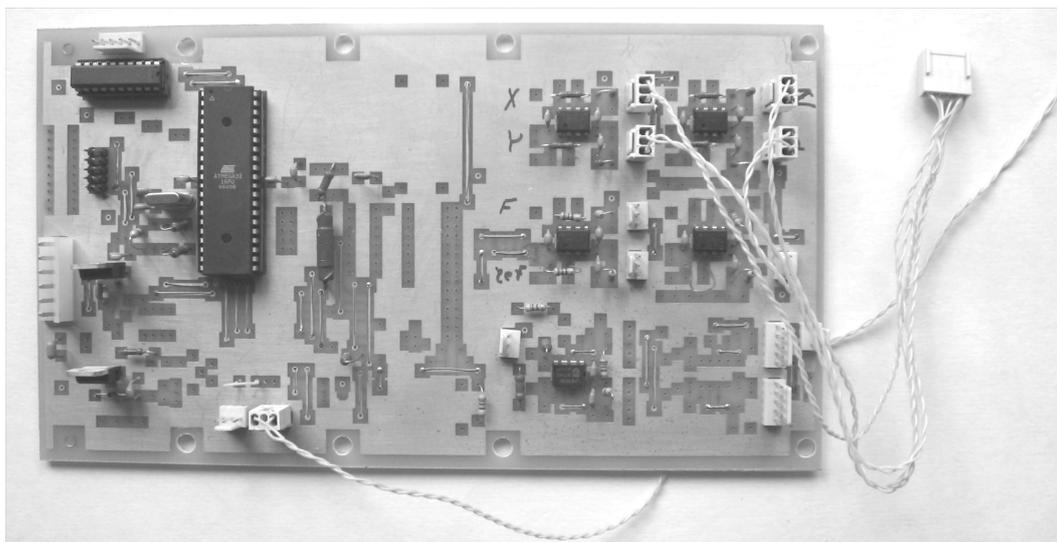


Рис. 4. Плата с АЦП и процессором компьютерной измерительной системы.

Вывод. Разработанная многоканальная измерительная система является достаточно универсальной и может применяться, при условии комплектования соответствующими датчиками, для испытаний и оценки различных параметров тракторов и самоходных машин в динамических процессах движения с возможностью регистрации и вывода полученных результатов на монитор компьютера.

Список литературы

1. Александров Е.Е. Многоканальные системы оптимального управления / Е.Е.Александров, Б.И.Кузнецов, И.Н.Богаенко, Н.А.Рюштин и др. – К.: Техника, 1995. – 281 с.
2. Саакян Д.Н. Система показателей комплексной оценки мобильных машин. – М.: Агропомиздат, 1988. – 415 с.
3. Аш Ж. Датчики измерительных систем: Ж.Аш, П.Андре, Ж.Бюфрон, П.Дегур и др. / В 2-х книгах. Кн. 1. Пер. с франц. – М.: Мир, 1992. – 480 с., ил.
4. Гук М. Аппаратные средства IBM PC. -СПб.: Питер, 1996. -224 с.
5. Овсянников С.И., Шевченко С.А., Мостепанюк Е.А. Анализ измерительных систем для определения параметров поверхности движения самоходных машин // Межвузовский сборник научных трудов. Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве,

експлуатації, сервісе и ремонті. - Воронеж: ГОУ ВПО "ВГЛТА", 2009. -
Вып. 4. - С. 150-155.

Анотація

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ТЯГОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ТРАКТОРІВ

Овсянніков С.І., Шевченко С.А., Огільба В.Ф.

*Наведено аналіз та склад вимірювального комплексу для проведення
тягових випробувань тракторів.*

Abstract

A GROUND OF PARAMETERS OF THE MEASURING SYSTEM IS FOR THE HAULING TESTS OF TRACTORS

Ovsyannikov S., Shevchenko S., Ohilba V.

*An analysis and composition of measuring complex is resulted for the
leadthrough of hauling tests of tractors.*