

УДК 631.312

**Мисуно О.И.**, кандидат технических наук, доцент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ИЗМЕРЕНИЕ ВРАЩАЮЩЕГО МОМЕНТА НА ВЕРТИКАЛЬНЫХ ВАЛАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

**Аннотация.** Рассмотрен метод, предложены средства и схема измерения вращающего момента на валах сельскохозяйственных машин. Все это дает возможность при проведении полевых экспериментальных исследований быстро и с высокой степенью точности измерять, отображать и сохранять значения изучаемых величин.

**Annotation.** The method is considered, means and a scheme for measuring torque on the shafts of agricultural machines are proposed. All this makes it possible, when conducting field experimental studies, to quickly and with a high degree of accuracy measure, display and save the values of the quantities being studied.

**Ключевые слова.** Вал, вращающий момент, сельскохозяйственные машины, электротензометрический способ, токосъемник, тензорезистор, реактивный момент.

**Keywords.** Shaft, torque, agricultural machines, electric strain gauge method, current collector, strain gauge, reactive torque.

Рост мощности двигателей сельскохозяйственных тракторов характеризует завершение тяговой и зарождение тягово-энергетической концепции. Мощность двигателя трактора этой концепции при работе с тяговой машиной может быть реализована через ходовой аппарат при определённых условиях эксплуатации и способах агрегатирования. Повышение производительности и качества работы почвообрабатывающих агрегатов, рациональное и полное использование мощности требуют совершенствования технологии выполнения технологических процессов, создания новых орудий и способов передачи энергии от двигателя к рабочей машине. В последнее время в связи с повышением энергонасыщенности тракторов все большее распространение получают тягово-приводные сельскохозяйственные машины получающие энергию через гидравлический или электрический привод.

Энергетические показатели, характеризующие выполнение технологических процессов сельскохозяйственными агрегатами, являются неэлектрическими величинами. Поэтому при проведении лабораторно-полевых испытаний вновь разработанных или модернизированных машин при экспериментальном определении тяговых сопротивлений как в целом орудий, так и рабочих органов, усилий, напряжений, деформаций в от-

дельных элементах и узлах широко применяется электротензометрический способ измерения силовых показателей.

При испытаниях тягово-приводных сельскохозяйственных машин возникает необходимость в измерении вращающихся моментов на приводных валах. Сложность в определении этих параметров заключается в том, что приходится подавать питание и снимать электрический сигнал с вращающихся валов. Для этого нужно использовать дополнительные измерительные звенья того или иного типа – токосъемные устройства, посредством которых осуществляется электрическая связь датчиков, расположенных на вращающихся валах, с неподвижно расположенной питающей и регистрирующей аппаратурой. В настоящее время серийно выпускаются токосъемники различного исполнения.

Токосъемники с закрытым корпусом имеют целый ряд преимуществ перед другими типами токосъемников. Так, например, токосъемник с открытым корпусом хоть и имеет очень низкую цену и легко обслуживается, является небезопасным из-за открытых контактов, имеет недостаточно эффективную изоляцию колец и может использоваться только для передачи питающего напряжения. С другой стороны, оптоволоконный токосъемник, имея большой срок службы и не требуя дорогостоящего технического обслуживания, может использоваться лишь для передачи сигналов и отличается достаточно высокой стоимостью.

К токосъемным устройствам, получившим широкое распространение, относятся амальгированные ртутные токосъемники типа ТРАК или ТРАП. Они имеют низкое сопротивление. Но, с другой стороны, у них есть ряд недостатков: отличаются высокой стоимостью; экологически опасны; непродолжительное время устойчивой работы при средних и высоких частотах вращения.

Недостатком токосъемных устройств при их использовании в электротензометрической схеме исследования деформаций во вращающихся деталях сельскохозяйственных машин является невысокая точность и надежность процесса измерения из-за большого числа тензорезисторов, размещенных на вращающемся валу в условиях повышенных возмущающих воздействий со стороны контролируемого объекта, и большого числа токосъемных контактов для передачи информативных сигналов от тензорезисторов в часть схемы, которая расположена на статоре. Токосъемники требуют, особенно при вертикальном расположении оси вращения, тщательной подготовки и контроля в процессе выполнения исследований.

Для снижения отрицательного воздействия выше указанных недостатков на экспериментальное определение вращающего момента на валах сельскохозяйственных машин получающих привод от гидравлических (электрических) моторов предлагается следующая измерительная схема. Как пример, комбинированные рабочие органы плуга, состоящие из пассивной укороченной лемешно-отвальной поверхности 1 и активного ротора 2, приводи-

мого от индивидуального гидравлического высоко моментного мотора 3, установленного в стакане 4 и соединяемого напрямую с валом ротора (рисунок 1). При вспашке таким плугом только процесс отделения пласта от массива осуществляется пассивным корпусом за счет тягового усилия трактора, а операции крошения, перемешивания, оборота и укладки пласта в борозду производится активным ротором за счет мощности двигателя, передаваемой через вал отбора мощности (ВОМ) трактора. При этом снижается тяговое сопротивление плуга и возрастает качество обработки почвы.

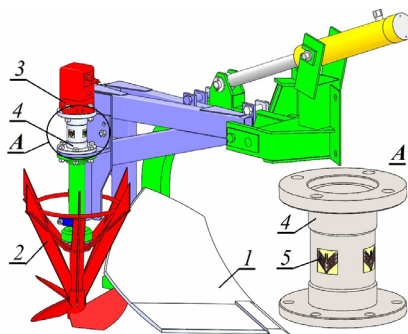


Рисунок 1 – Комбинированный рабочий орган плуга

Отличительной особенностью предлагаемой схемы измерения вращающего момента является расположение тензодатчиков не на вращающемся валу ротора, а на неподвижной детали – стакане гидромотора (рисунок 1). Измерение вращающего момента на валу происходит следующим образом. При выполнении вспашки ротора комбинированных рабочих органов получают энергию от гидравлических моторов, удерживаемых от вращения неподвижными стаканами, в которых возникают реактивные моменты одинаковые с вращающими моментами на валах роторов.

Для измерения деформации стакана гидромотора, пропорциональной приложенному вращающему моменту, на его внешней цилиндрической поверхности наклеены четыре розеточных тензорезистора, каждый из которых состоит из двух решеток, расположенных под углом  $90^\circ$  одна по отношению к другой и под углами  $45^\circ$  и  $-45^\circ$  к оси стакана. На рисунке 2 изображена развертка круговой поверхности неподвижного стакана, на которой расположены розеточные тензорезисторы.

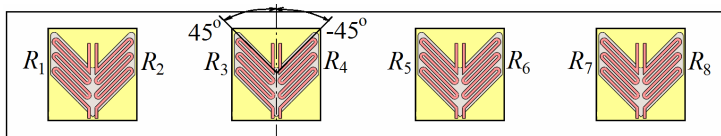


Рисунок 2 – Развертка поверхности стакана

Размеры стакана (толщина стенки) определяется из расчетов на прочность и жесткость. Тензорезисторы соединяются в полный мост по 6-проводной схеме, обеспечивающей компенсацию сопротивления кабеля, разъема и ключей, термокомпенсацию (рисунок 3).

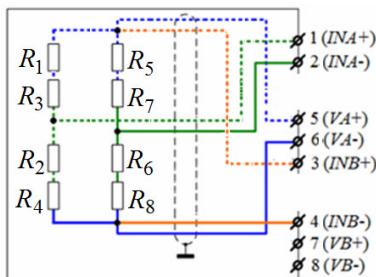


Рисунок 3 – Схема соединения тензорезисторов

Схема расположения датчиков на стакане гидромотора и включения их в измерительную цепь полностью компенсирует влияние изгибающих моментов на измеряемый параметр. Схема, показанная на рис. 4, посредством кабеля и USB-разъема подключаются к тензометрической станции *TS32L1-02*, позволяющей производить измерение деформаций в элементах инженерных конструкций и деталях машин. Принцип действия станции основан на измерении напряжения на плечах разбалансированного резисторного моста по отношению к напряжению питания моста. Программное обеспечение тензометрической станции *TS32L1-02* версии 1.03 предназначено для работы на персональном компьютере (ПК), позволяет отображать результаты измерений вращающего момента в виде таблицы и диаграммы и сохранять их в файлах ПК. Станция состоящая из электронного блока и сетевого адаптера, установленных в одном корпусе с размерами 160x160x60 мм, который монтируется на раме плуга. Результаты измерения от тензометрической станции передаются терминалу (персональному компьютеру, установленному в кабине трактора) через модуль беспроводного соединения по протоколу Bluetooth 2.0.

Вращающий момент на валу гидромотора технологического модуля пахотного агрегата – результат измерения  $T$  автоматически рассчитывается по формуле:

$$T = \frac{4}{k} \left( \frac{\Delta V}{V} - \frac{\Delta V_0}{V} \right), \quad (1)$$

где  $\frac{\Delta V}{V}$  – относительное напряжение на плечах моста;  $\frac{\Delta V_0}{V}$  – смещение нуля – начальное относительное электрическое напряжение на плечах моста, измеряется при проведении балансировки моста;  $k$  – тарировочный коэф-

фициент, определяемый экспериментально перед проведением полевых испытаний в лабораторных условиях.

Относительное напряжение  $\frac{\Delta V}{V}$  для принятой схемы соединения тензорезисторов [1] соответствует следующим соотношениям сопротивлений:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{2} \left( \frac{R_1 + R_3 - R_2 - R_4}{R_1 + R_3 + R_2 + R_4} - \frac{R_5 + R_7 - R_6 - R_8}{R_5 + R_7 + R_6 + R_8} \right), \quad (2)$$

где  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8$ , – сопротивления тензорезисторов в мосте.

Предложенный метод, средства и схема измерения вращающего момента на валах сельскохозяйственных машин дают возможность при проведении полевых экспериментальных исследований быстро и с высокой степенью точности измерять исследуемые величины, отображать их изменение в реальном времени на мониторе в виде табличных данных и графических зависимостей, сохранять результаты в отдельном файле.

#### **Список использованной литературы**

1. Шушкевич, В.А. Основы электротензометрии. – Мн.: Вышэйшая школа, 1975. – 352 с.

**Summary.** The proposed method, means and scheme for measuring torque on the shafts of agricultural machines make it possible, when conducting field experimental studies, to quickly and with a high degree of accuracy measure the studied quantities, display their changes in real time on the monitor in the form of tabular data and graphical dependencies, and save the results in a separate file.

УДК 621. 043

**Матяш С.П.**, старший преподаватель

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет», г. Новосибирск, Российская Федерация*

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОЙ ПОДГОТОВКИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПУТЕМ ПРЕДПУСКОВОГО РАЗОГРЕВА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ**

**Аннотация.** Рассмотрены особенности запуска автотракторных дизельных двигателей в период зимней эксплуатации и предложены наиболее перспективные способы тепловой подготовки с использованием подогревателя жидкости системы охлаждения, подогрева моторного масла и подогрева воздуха во впускном коллекторе.