

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ МАССОВО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОТОАГРЕГАТОВ

Овсянников С.И., к.т.н., доцент

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

Гриб В.М., д.с.-х.н., доцент

Национальный университет биоресурсов и природопользования (г. Киев)

В работе рассмотрены основные требования к определению габаритных размеров и координат центра масс тракторов и с.-х. машин. Однако они не применимы к мототехнике. Поэтому в работе представлены разработанные методики: методика определения основных конструктивных размеров мотоагрегатов, методика определения координат центра масс мотоблока, методика определения моментов инерции относительно центральных осей мотоблока. Разработана конструкция лабораторного оборудования для определения моментов инерции относительно центральных осей как мотоблоков, так и агрегатов на их основе.

Введение. При математическом описании динамических процессов движения мотоблоков (МБ) и агрегатов на их основе используются следующие параметры: общий вес, распределение веса по движителям, координаты центра масс МБ, координаты стыковочных устройств, координаты центра масс агрегируемых машин, моменты инерции относительно центральных осей. Особенностью мотоагрегатов (МА) является одноосная конструкция, которая уравнивается в продольной плоскости оператором через штанги управления. Оператор, удерживая агрегат за штанги управления, частично воспринимает или добавляет нормальную нагрузку от силы веса агрегата. Поэтому, известные методики для тракторных агрегатов в данном случае не применимы.

Анализ публикаций. Определение веса тракторов и распределение его на движители регламентируется ГОСТ 30750-2001 «Тракторы сельскохозяйственные. Определение положения центра тяжести». Данный ГОСТ взят за основу для описания условий проведения экспериментов и погрешностей измерений. Конструктивные параметры тракторов и машин регламентируются ГОСТ 26025-83 «Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Методы измерения конструктивных параметров», а также ГОСТ 7057-81 «Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний». Но приведенные в них методики не позволяют определить конструкционные параметры МА и координаты центра тяжести.

Из-за сложности формы и неоднородности распределения массы МА возникают определенные трудности в определении моментов инерции

вращающихся и поступательно движущихся масс расчетным способом относительно центральных осей.

Таким образом, целью данной работы является разработка методов определения основных массово-геометрических и инерционных параметров МБ и МА. Основные задачи: разработать методику определения основных конструктивных размеров МБ и МА; разработать методику определения координат центра тяжести; разработать методику определения моментов инерции поступательно движущихся и вращающихся масс МБ и МА.

Результаты работы. Общие требования. МБ и МА должны соответствовать требованиям ГОСТ 7057. Все системы агрегата должны быть заправлены соответствующими жидкостями до установленного уровня. Инструмент, дополнительные приспособления должны быть укомплектованы в соответствии с техническими условиями (ТУ). Давление в шинах колесных МБ должно соответствовать указанному в ТУ на конкретную модель. Погрешность измерений не должно превышать: линейные размеры - $\pm 0,5$ мм; массы - $\pm 0,5$ кг; давления в шинах - ± 5 Па.

Методика определения основных размеров МБ. Габаритные размеры определяются в транспортном, рабочем и подготовленном для хранения положениях. Измерения проводятся на площадках с твердым покрытием (бетонное или иное, не уступающее ему по твердости), гладкой поверхностью с продольным и поперечным уклонами не более 0,5 %. На поверхности площадки необходимо нанести две взаимно перпендикулярные линии, применяемые в качестве системы прямоугольных координат. МБ устанавливаются таким образом, чтобы ось колес находилась над поперечной линией, а продольная – посередине колеи.

Раму МБ (при наличии) устанавливают горизонтально по уровню, при отсутствии таковой горизонтальное положение определяют по стыковочному узлу – продольная полка устанавливается горизонтально, а ось стыковочного шкворня вертикально. Фиксация МБ в горизонтальном положении осуществляется подбором по высоте подкладок под опорное устройство.

Размеры МБ определяют на опорной плоскости по проекциям характерных точек, измеряя с помощью отвеса или угольника расстояния от этих точек до осей координат и складывая полученные значения. Характерными точками являются рукоятки штанг управления, центральное отверстие стыковочного устройства, габаритные точки МБ, места установки балластных грузов.

Высоту определяют измерением расстояния между характерными точками и плоскостью опорной поверхности. Если пространство под этой точкой свободно, то измерение проводят с помощью линейки или нивелирной рейки. Если нет возможности провести измерение непосредственно, то измерение следует выполнять с помощью нивелирной рейки, устанавливаемой вблизи измеряемой точки. Точку переносят на рейку с помощью поперечной планки и угольника.

Методика определения координат центра масс МБ. Координаты центра масс определяют методом измерения реакции на колеса и опорное устройство в

горизонтальном и наклонном в продольном направлении положениях. Предварительно путем взвешивания определяется общий вес МБ G .

Определение продольной координаты центра масс. Колеса МБ устанавливаются на площадку взвешивающего устройства, а опорное устройство на твердую поверхность таким образом, чтобы остов МБ находился в горизонтальном положении (рис. 1, а). Измеряют реакцию основы на движители R_k и расстояние l между точками опорного устройства и колес. Продольную координату x рассчитывают по формуле (1).

Определение поперечной координаты смещения центра масс от продольной оси МБ. Измеряют реакции на правое R_n и левое R_l колеса при горизонтальном положении остова МБ (рис. 1, б), а также ширину колеи B . Поперечную координату центра масс от левого колеса b вычисляют по формуле (2), от центральной продольной оси c – по формуле (3). Положительный знак соответствует смещению центра масс влево, отрицательный – вправо от оси.

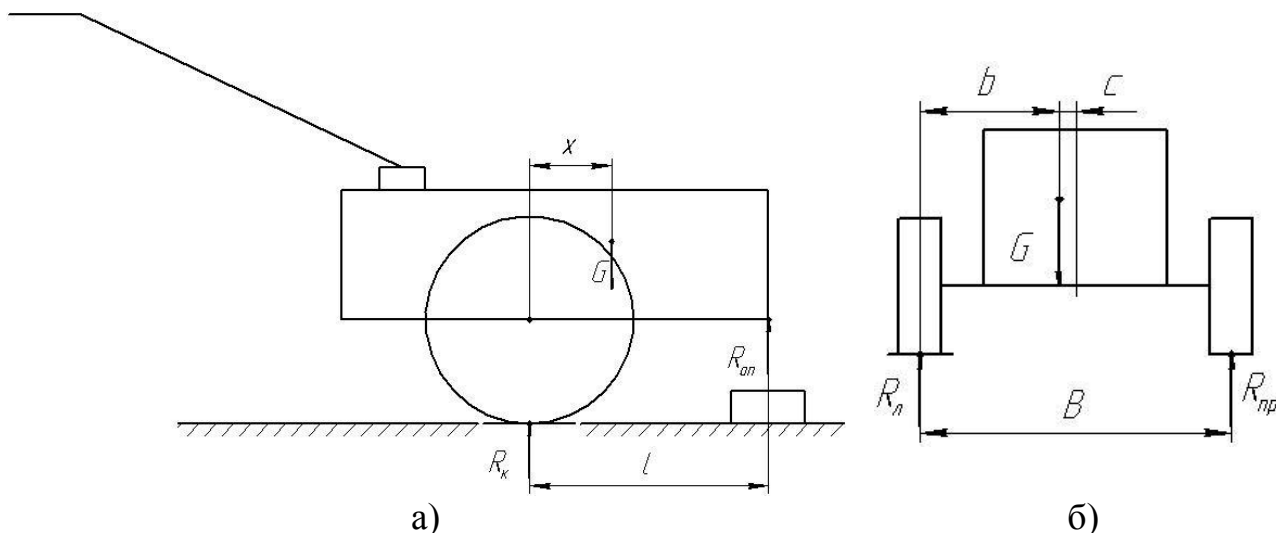


Рисунок 1 - Схема к определению координат центра масс: а) продольной, б) поперечной.

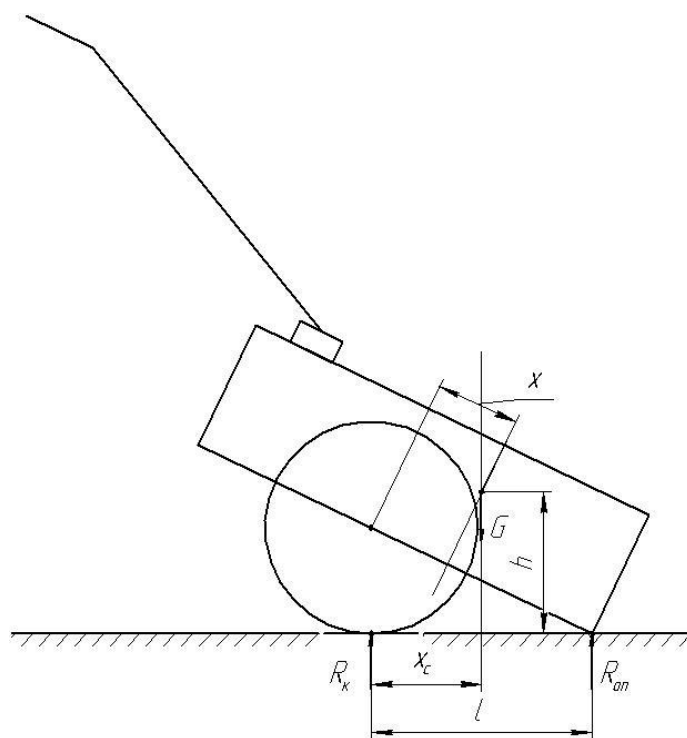


Рисунок 2 - Схема к определению высоты центра масс МБ.

Определение вертикальной координаты центра масс МБ. Остов МБ наклоняют в продольном направлении на угол $20-30^\circ$ и опирают на весы, установленные на одном уровне с опорной поверхностью. Измеряют реакцию R'_{on} основания в месте точки опоры и расстояние d от опоры до колес (рис. 2). Вычисляем расстояние x_c по формуле (4). Испытание повторяют несколько раз, при этом сохранение угла наклона остова МБ не обязательно. При несовпадении результатов испытаний, координату x_c усредняют.

По точке пересечения двух линий (линии, определяющей продольную координату x , и вертикальной линии на расстоянии x_c от точки опоры колес) определяют координату h .

$$x = \frac{R_{\kappa}}{G} l \quad (1)$$

$$b = \frac{R_{\text{ПР}}}{R_{\text{ПР}} + R_{\text{Л}}} B \quad (2)$$

$$c = \frac{(R_{\text{Л}} - R_{\text{ПР}}) B}{2(R_{\text{Л}} + R_{\text{ПР}})} \quad (3)$$

$$x_c = \frac{R'_{\text{оп}}}{G} d \quad (4)$$

Методика определения моментов инерции относительно центральных осей. Для определения моментов инерции относительно продольной x и поперечной y осей используем метод физического маятника при помощи установки (рис. 3), которая состоит из оси подвеса 1, платформы 2 массой m_n ,

расположенной на расстоянии c_{Π} от оси подвеса. Отклонив платформу вокруг подвеса на угол $4-8^\circ$, выведем ее из равновесия и отпустим без начальной скорости. Измерив секундомером продолжительность 50-100 колебаний, вычислим период одного полного колебания и определим момент инерции платформы относительно оси подвеса по формуле (5).

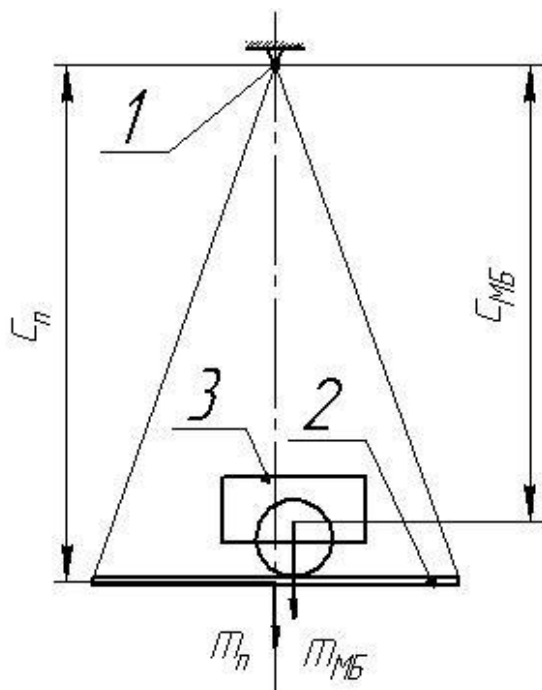


Рисунок 3 - Схема устройства для определения момента инерции методом физического маятника.

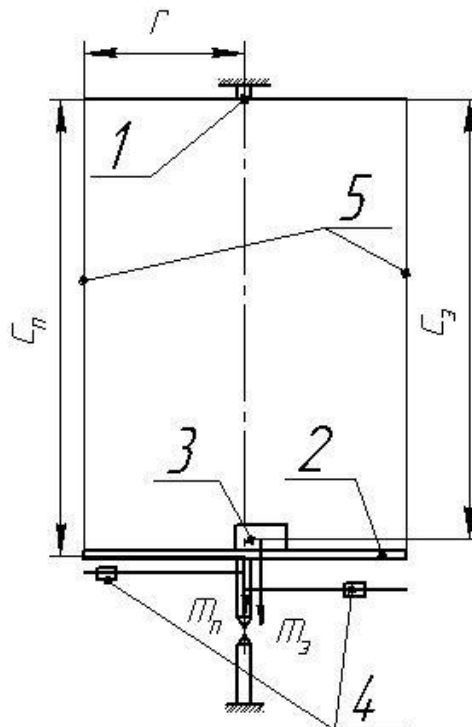


Рисунок 4 - Схема устройства для определения момента инерции методом крутильных колебаний.

Устанавливаем МБ на платформу так, чтобы продольная или поперечная ось была параллельна оси подвеса. Расстояние от центра масс системы МБ + платформа вычислим по формуле (6). Измерив период колебаний T_2 системы, определим ее момент инерции по формуле (7). По теореме Эйлера $J = J_c + mc^2$, тогда получим уравнение (8) для расчета момента инерции МБ.

$$J_{\Pi} = \frac{T_{\Pi}^2}{4\pi^2} m_{\Pi} g c_{\Pi} \quad (5)$$

$$c_2 = \frac{c_{\Pi} m_{\Pi} + c_{MB} m_{MB}}{m_{\Pi} + m_{MB}} \quad (6)$$

$$J_2 = \frac{T_2^2}{4\pi^2} (m_{\Pi} + m_{MB}) g c_2 \quad (7)$$

$$J_{MB} = J_2 - J_{\Pi} - m(c_2^2 - c_{MB}^2) \quad (8)$$

Для определения момента инерции относительно вертикальной оси z целесообразно применить метод крутильными колебаниями с помощью

цилиндрического мультифиляра. Установка (рис. 4) состоит из платформы 2, установленной на нитяных подвесах 5 длиной l по кругу радиусом r . Снизу к платформе в центральной части на оси закреплены два стержня 4 с подвижными грузами m , которые можно закрепить установочными винтами в любом месте и определить их положение по метрической шкале. Для центрирования платформы в вертикальном положении в ее центре перпендикулярно установлена стрелка. Если центр масс платформы лежит на вертикальной оси установки, то стрелка находится на одной вертикали с неподвижной стрелкой. Перед опытом прибор центрируют поворачивая стержни, а если необходимо, то и перемещая грузы, до тех пор, пока оси стрелок не совпадут. Устанавливаем эталон с известным моментом инерции на платформу. Если центр масс лежит на центральной оси платформы, то положение стрелки останется неизменным, а если смещенным, то центр масс платформа + эталон не может находиться на оси прибора и стрелка уходит в сторону. Чтобы не перемещая эталон на площадке привести систему к оси прибора, надо изменить положение центра масс, поворачивая стержни до совпадения осей стрелок. Аналогичные действия проводят при установке МБ на платформу.

Методика определения момента инерции заключается в последовательном измерении периодов колебаний платформы T_1 устройства, платформы и эталона T_2 , платформы и МБ T_3 . Соответствующие моменты инерции вычисляем по формулам:

$$J_{\Pi} = \frac{T_1^2}{4\pi^2} \frac{r^2}{l} m_{\Pi} g \quad (9)$$

$$J_{\Pi} + J_{\text{э}} = \frac{T_2^2}{4\pi^2} \frac{r^2}{l} m_{\Pi\text{э}} g \quad (10)$$

$$J_{\Pi} + J_{\text{МБ}} = \frac{T_3^2}{4\pi^2} \frac{r^2}{l} m_{\Pi\text{МБ}} g \quad (11)$$

$$\text{Момент инерции платформы } J_{\Pi} = J_{\text{э}} \frac{T_1^2}{T_2^2 - T_1^2} \quad (12)$$

$$\text{Момент инерции МБ через эталон } J_{\text{МБ}} = J_{\text{э}} \frac{T_3^2 - T_1^2}{T_2^2 - T_1^2} \quad (13)$$

$$\text{Момент инерции МБ через инерцию платформы } J_{\text{МБ}} = J_{\Pi} \left(\frac{T_3^2}{T_1^2} - 1 \right) \quad (14)$$

С помощью цилиндрического мультифиляра также определяются моменты инерции вращающихся частей: ведущих колес, шкивов, маховых колес и т.п.

Выводы. Разработанные методики позволяют быстро и с достаточной точностью определять основные массово-геометрические параметры мотоагрегатов, а именно конструктивные размеры, координаты центра тяжести, моменты инерции относительно центральных осей.

Анотація

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ МАСОВО-ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МОТОАГРЕГАТІВ.

Овсянніков С.І.

У роботі розглянуті основні вимоги щодо визначення габаритних розмірів і координат центру мас тракторів і с.-г. машин. Однак вони не придатні до визначення параметрів фототехніки. Тому в роботі представлені розроблені методика: Методика визначення основних конструктивних розмірів мотоагрегатів, методика визначення координат центру мас, методика визначення моментів інерції відносно центральних осей мотоблоку. Розроблена конструкція лабораторного устаткування для визначення моментів інерції відносно центральних осей як мотоблоків, так й мотоагрегатів.

Summary

DEFINITION OF THE MAIN MASS-GEOMETRICAL PARAMETERS OF MOTO-AGGREGATES

S. Ovsyannikov

The paper discusses the basic requirements for the definition of the dimensions and the coordinates of the center of mass of tractors and agricultural machines. However, they do not apply to moto-technique. Therefore, the paper presents the developed methodologies: a methodology for determining the basic design moto-aggregate size, method of determining the coordinates of the center of mass tillers, method of determining the moment of inertia about the central axes of two-wheel tractor. Designed the construction of laboratory equipment which determines the moments of inertia with respect to the central axis tillers and aggregates which is based on them.