

Устройство относится к области измерительной техники и может быть использовано для измерения координат точек твердого тела в пространстве, например, при модельных испытаниях больших гибких конструкций.

Известно устройство (прототип) для измерения линейного ускорения по способу силового уравнивания [1], содержащее установленный в корпусе карданов подвес с внутренней и наружной рамками, датчики углов, смонтированные по осям рамки, и спицу, закрепленную на внутренней рамке. Благодаря грузу, размещенному на спице, достигается смещение центра масс всего узла, размещенного на внутренней рамке, относительно оси вращения этой рамки, что позволяет измерять кажущиеся линейные ускорения и кажущиеся линейные скорости по направлению оси вращения наружной рамки.

Недостатком прототипа является невозможность измерения линейных перемещений.

В основу изобретения поставлена задача создания многокоординатного измерителя, в котором обеспечивается замер линейных перемещений за счет втулки, одетой на спицу и монтируемой на подвижном объекте, такой многокоординатный измеритель может быть использован при модальных испытаниях больших гибких конструкций.

Поставленная задача решается тем, что в устройство измерения линейного ускорения, содержащем установленный в корпусе карданов подвес с внутренней и наружной рамками, датчики углов, смонтированные по осям рамок, и спицу, закрепленную на внутренней рамке, согласно изобретению, введена втулка, одетая на спицу и монтируемая на подвижном объекте.

Для уменьшения ошибок измерения из-за наличия люфта между поверхностью втулки и спицы, а также для увеличения диапазона измерения координат, втулка установлена в трехстепенном шарнире.

Для повышения точности измерения координат спицы выполнена телескопической и снабжена датчиком линейных перемещений, установленным на неподвижной части спицы, а подвижная часть жестко соединена с втулкой, установленной в шарнире.

Сущность предложения поясняется чертежом, где на фиг. 1 изображена кинематическая схема 2 - координатного измерителя линейных перемещений с втулкой, одетой на спицу и укрепленной на подвижном объекте, на фиг. 2 - кинематическая схема 2 - координатного измерителя линейных перемещений с втулкой, установленной в трехстепенном шарнире, а на фиг. 3 - кинематическая схема 3 - координатного измерителя линейных перемещений с телескопической спицей и датчиком линейных перемещений.

Устройство выполнено следующим образом (фиг. 1). По осям наружной рамки 1 и внутренней рамки 2 карданова подвеса установлены датчики угла 3 и 4 соответственно. К внутренней рамке 2 прикреплена спица 5. Спица 5 входит в цилиндрическое отверстие втулки 6, которая прикреплена к подвижному объекту 7, линейные координаты которого необходимо измерять.

На фиг. 1 показана правая неподвижная прямоугольная система координат $хуz$. В исходном состоянии оси $х$ и $у$ совпадают с осями наружной 1 и внутренней 2 рамок карданова подвеса, а ось z - с осью спицы 5. Устройство на фиг. 1 работает следующим образом. Перемещение объекта 7 вдоль оси z не изменяет положение рамок карданова подвеса, т.к. втулка 6 просто перемещается вдоль спицы 5. При перемещении объекта 7 по направлению оси $у$ происходит поворот внешней (наружной) рамки 1 карданова подвеса вокруг оси $х$, на выходе датчика угла 3 появляется сигнал:

$$U_1 = K_1 \varphi_H, \quad (1)$$

где K_1 - коэффициент пропорциональности (крутизна), а

φ_H - угол поворота наружной рамки 1 относительно оси $х$.

Величина линейного перемещения с учетом направления вдоль оси $у$ определяется из выражения:

$$y = -OA \sin \varphi_H = -OA \sin \frac{U_1}{K_1}, \quad (2)$$

где OA - расстояние от начала координат O до точки A объекта.

Аналогично определяется величина линейного перемещения точки объекта при ее перемещении только вдоль оси $х$ (только здесь будет знак плюс):

$$x = OA \sin \varphi_B = OA \sin \frac{U_2}{K_2}, \quad (3)$$

где φ_B - угол поворота внутренней рамки 2 относительно оси $у$;

U_2 и K_2 - выходной сигнал и крутизна датчика угла 4.

В общем случае, когда точка A совершает одновременно сразу три линейных перемещения вдоль осей $х$, $у$ и z , координаты $х$, $у$ и z точки A в неподвижной системе координат $хуz$ определяются из следующих выражений:

$$x = OA \sin \varphi_B = OA \sin \frac{U_2}{K_2}; \quad (4)$$

$$y = -OA \cos \varphi_B \sin \varphi_H = -OA \cos \frac{U_2}{K_2} \sin \frac{U_1}{K_1}; \quad (5)$$

$$z = OA \cos \varphi_B \sin \varphi_H = OA \cos \frac{U_2}{K_2} \cos \frac{U_1}{K_1}; \quad (6)$$

Поскольку в данном устройстве расстояние OA не измеряется и принимается равным OA_0 (расстояние QA в исходном состоянии), а при перемещении точки A в пространстве величина OA в действительности переменная, то устройство вносит малую инструментальную погрешность только при малых углах поворота наружной 1 и внутренней 2 рамок карданова подвеса, когда относительно измерение расстояния OA невелико по отношению к исходному состоянию OA_0 (невелики координаты $х$ и $у$).

При увеличении расстояния на некоторую величину Δ при повороте только внутренней рамки:

$$OA = OA_0 + \Delta, \quad (7)$$

$$x = OA_0 \sin \frac{U_2}{K_2} + \Delta \sin \frac{U_2}{K_2}. \quad (8)$$

За измеряемую величину принимается только первый член в правой части (8), а второй - инструментальная погрешность.

Относительная ошибка инструментальной погрешности равна:

$$\nu = \frac{\Delta \sin \frac{U_2}{K_2}}{(OA_0 + \Delta) \sin \frac{U_2}{K_2}} = \frac{\Delta}{OA_0 + \Delta}, \quad (9)$$

т.е. при больших длинах спицы OA_0 и малых Δ по сравнению с OA_0 относительная ошибка будет невелика.

В этом случае при малых углах поворота наружной и внутренней рамок, когда можно считать $\sin \frac{U_2}{K_2}$ и $\sin \frac{U_1}{K_1}$

соответственно равными $\frac{U_2}{K_2}$ и $\frac{U_1}{K_1}$, $\cos \frac{U_2}{K_2} \approx 1$ и $\cos \frac{U_1}{K_1} \approx 1$, координаты x и y определяются с учетом (4) и (5) из

простых выражений:

$$x = OA_0 \frac{U_2}{K_2}, \quad (10)$$

$$y = -OA_0 \frac{U_1}{K_1}. \quad (11)$$

В устройстве, изображенном на фиг. 1, диаметр спицы 5 должен быть меньше, чем диаметр цилиндрического отверстия втулки 6, т.к. иначе при перемещениях точки А будет иметь место заклинивание. Большие перемещения требуют и большого зазора (люфта), который по существу является зоной неопределенности или ошибкой измерения. Для устранения этого недостатка втулка 6 устанавливается дополнительно в трехступенном шарнире, как показано на фиг. 2, где 5 - спица, 6 - втулка с шаровой внешней поверхностью, 8 - обойма. Обойма 8 и втулка 6 с шаровой внешней поверхностью образуют трехступенной шаровой шарнир. При перемещениях объекта 7 как линейных, так и вращательных, заклинивания спицы 5 во втулке 6 уже не будет даже при малых зазорах между поверхностью спицы 5 и цилиндрической поверхностью втулки 6, т.к. ось втулки 6 будет самоустанавливаться вдоль оси спицы 5.

Недостатком устройства с установкой втулки в трехступенном шарнире является то, что при больших перемещениях, в частности, вдоль оси z , изменяется величина OA , а учет ее изменения, как было ранее показано, приводит к инструментальной ошибке.

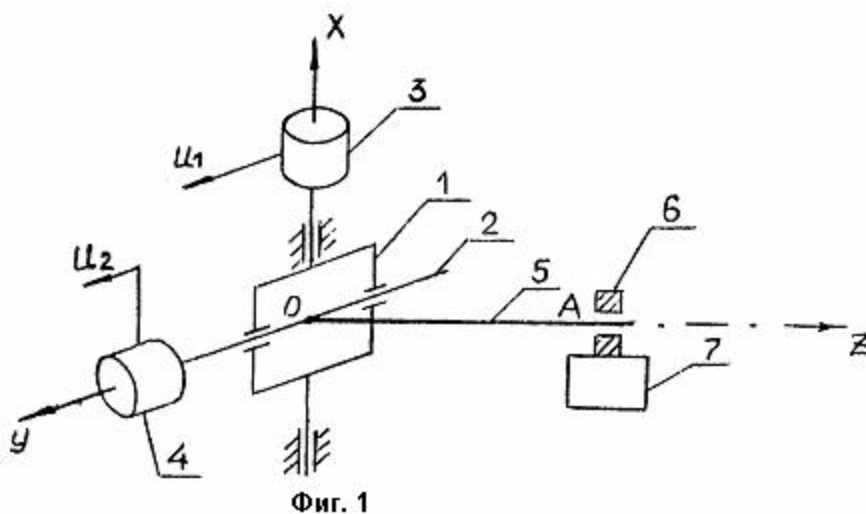
Для устранения этого недостатка, как показано на фиг. 3, спицу 5 выполняют телескопической и снабженной датчиком линейных перемещений 9, установленным на неподвижной части спицы 10, а подвижная часть спицы 11 жестко соединена с втулкой 6, установленной в шарнире.

При наличии датчика линейных перемещений 9 определяется величина:

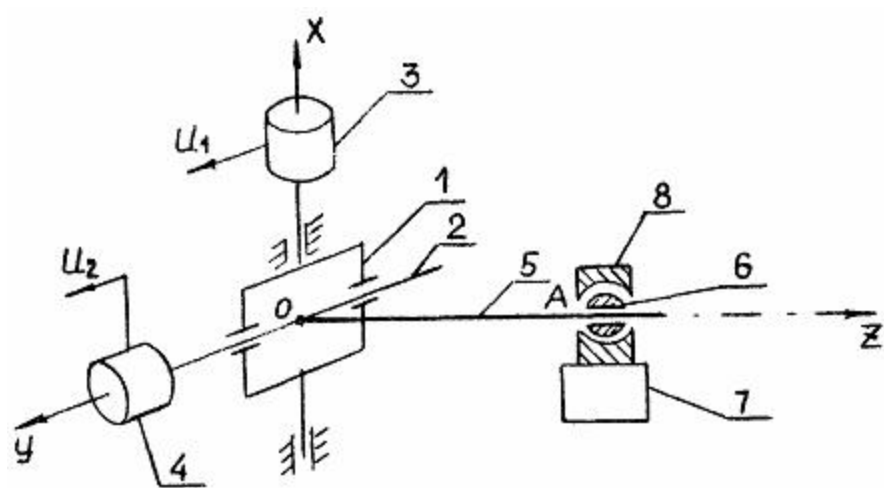
$$OA = OA_0 + \frac{U_3}{K_3}, \quad (12)$$

где U_3 и K_3 - выходной сигнал и крутизна датчика линейных перемещений 9.

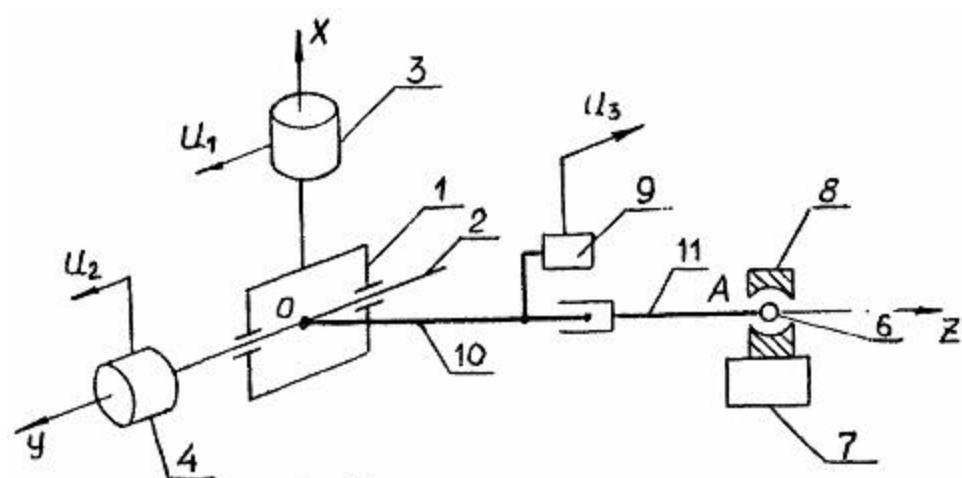
В этом случае измеряются сразу три координаты x , y и z точки А объекта 7 согласно выражений соответственно (4), (5) и (6) с учетом (12).



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3