

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ СРЕДСТВ ТРАНСПОРТА С ПОМОЩЬЮ ДАТЧИКОВ УСКОРЕНИЙ

Д.М.Клец, к.т.н., доц., Е.А.Дубинин, к.т.н., доц.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Предложены зависимости для определения параметров движения средств транспорта при установке датчиков ускорений при их произвольном расположении. Результаты могут быть использованы при динамических и ресурсных испытаниях средств транспорта.

Ключевые слова: средство транспорта, параметры движения, датчик ускорений, устойчивость, динамические испытания, ресурс, безопасность

Введение

В настоящее время, при увеличении скоростей движения средств транспорта, при значительном снижении качества дорожного покрытия, устойчивость их движения и положения приобретает все большее значение для обеспечения безопасности эксплуатации. Оценку устойчивости возможно проводить на основе различных критериев и показателей, при этом используются различные подходы к разработке таких критериев. Решение указанной задачи должно базироваться на комплексном подходе, в котором важную роль играет теоретическое обоснование и экспериментальная оценка характеристик средств транспорта.

Анализ последних достижений и публикаций

В настоящее время проведение динамических испытаний средств транспорта требует применения регистрационных измерительных комплексов [1, 2]. При их проведении необходимо обеспечить высокую точность получаемой информации. Полученные с высокой точностью характеристики процесса движения, а именно – линейные ускорения, могут быть использованы для определения угловых скоростей и ускорений машины. В работах [3, 4] предложен подход к решению такой задачи. Для повышения точности определения параметров кругового движения средств транспорта в плоскости дороги ранее полученные результаты требуют уточнения. Также не изученным является определение характеристик средства транспорта в плоскостях, перпендикулярных плоскости дороги.

Поэтому решение задач, связанных с дальнейшим расширением возможностей по оценке динамических характеристик средств транспорта, является актуальным.

Цель и постановка задачи

Целью исследования является повышение точности определения параметров кругового движения средств транспорта в плоскости дороги и плоскостях, перпендикулярных ей, при динамических испытаниях. Для достижения поставленной цели необходимо получить зависимости для определения параметров движения средств транспорта при установке датчиков ускорений при их произвольном расположении.

Метод определения параметров движения средств транспорта

В работах [3, 4] предложена схема для определения кинематических параметров средства транспорта при произвольной установке датчиков в плоскости дороги (рис. 1).

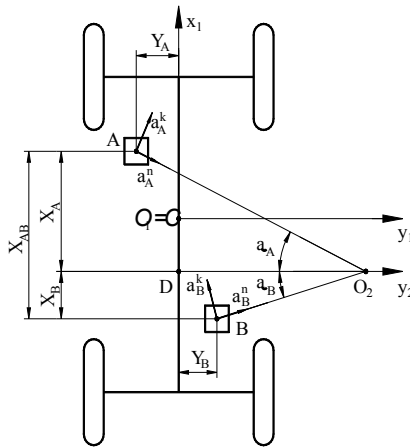


Рис.1. Схема измерения линейных ускорений средства транспорта при произвольной установке двух датчиков в плоскости дороги

Компоненты ускорений точек А и В (точек, в которых установлены датчики ускорений)

$$a_A^k = \varepsilon l_{AO_2}; \quad (1)$$

$$a_A^n = \omega^2 l_{AO_2}; \quad (2)$$

$$a_B^k = \varepsilon l_{BO_2}; \quad (3)$$

$$a_B^n = \omega^2 l_{BO_2}. \quad (4)$$

Из выражений (1)-(4) видно, что компоненты ускорений точек зависят от угловых ускорения и скорости средства транспорта.

Полученные с помощью мобильного регистрационно-измерительного комплекса линейные ускорения для повышения точности фильтруются с помощью фильтра Баттерворта [5].

Используя результаты работ [3, 4] с учетом того, что радиус поворота автомобиля определяется расстоянием от мгновенного центра поворота O_2 до полюса поворота (точка D)

$$R_D = l_{O_2D} = \frac{L}{\bar{\alpha} + \delta_2 - \delta_1}, \quad (5)$$

где $\bar{\alpha}$ – средний угол поворота управляемых колес;

δ_1 – суммарный угол увода шин колес передней оси;

δ_2 – суммарный угол увода шин колес задней оси.

Получим

$$\varepsilon = \frac{(a_{AX_1} - a_{BX_1})(Y_B - Y_A) + X_{AB}(a_{AY_1} - a_{BY_1})}{(Y_B - Y_A)^2 + X_{AB}^2}; \quad (6)$$

$$\omega = \text{sign} \sqrt{\frac{(a_{AY_1} - a_{BY_1})(Y_B - Y_A) + X_{AB}(a_{AX_1} - a_{BX_1})}{(Y_B - Y_A)^2 + X_{AB}^2}}; \quad (7)$$

$$X_A = \frac{\varepsilon \bar{\alpha}_{Y_1} - \omega^2 \bar{a}_{X_1}}{\varepsilon^2 + \omega^4} + 0,5 X_{AB}; \quad (8)$$

$$R_D = \frac{\varepsilon \bar{a}_{X_1} + \omega^2 \bar{a}_{Y_1}}{\varepsilon^2 + \omega^4} + 0,5 Y_{AB}. \quad (9)$$

Таким образом, в результате исследований получены зависимости для определения параметров ε , ω , R_D и координаты мгновенного центра поворота для случая произвольной установки двух датчиков в плоскости дороги. Полученные параметры позволяют оценить устойчивость движения средства транспорта в различных условиях.

Рассмотрим определение кинематических параметров средства транспорта при произвольной установке датчиков в плоскости, перпендикулярной плоскости дороги (рис.2). Такая схема применима как для средств транспорта с классической компоновкой, так и для шарнирно-сочлененных машин. При этом для шарнирно-сочлененных машин для определения динамической устойчивости положения необходимо использовать четыре датчика линейных ускорений (по два датчика на каждой полураме). В соответствии с [6], оценивается устойчивость положения каждой секции, затем выбирается секция с меньшей устойчивостью.

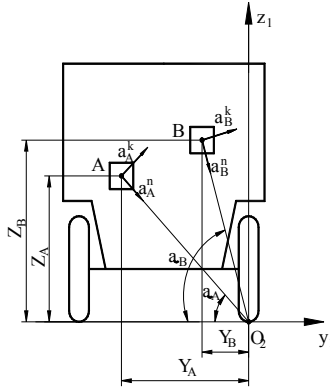


Рис.2. Схема измерения линейных ускорений средства транспорта при произвольной установке двух датчиков в плоскости, перпендикулярной плоскости дороги

Касательные и нормальные ускорения также определяются по зависимостям (1)-(4). Компоненты ускорений точек А и В в направлении координатных осей O_1X_1 и O_1Y_1 определяются по формулам

$$a_{AY_1} = a_A^n \cos \alpha_A + a_A^k \sin \alpha_A = l_{AO_2} (\omega^2 \cdot \cos \alpha_A + \varepsilon \cdot \sin \alpha_A); \quad (10)$$

$$a_{AZ_1} = a_A^k \cos \alpha_A - a_A^n \sin \alpha_A = l_{AO_2} (\varepsilon \cdot \cos \alpha_A - \omega^2 \cdot \sin \alpha_A); \quad (11)$$

$$a_{BY_1} = a_B^n \cos \alpha_B + a_B^k \sin \alpha_B = l_{BO_2} (\omega^2 \cdot \cos \alpha_B + \varepsilon \cdot \sin \alpha_B); \quad (12)$$

$$a_{BZ_1} = a_B^k \cos \alpha_B - a_B^n \sin \alpha_B = l_{BO_2} (\varepsilon \cdot \cos \alpha_B - \omega^2 \cdot \sin \alpha_B). \quad (13)$$

Средние значения компонент ускорений точек А и В по осям O_1X_1 и O_1Y_1 в этом случае составляют

$$\bar{a}_{Y_1} = \frac{1}{2}(a_{AY_1} + a_{BY_1}) = \frac{1}{2}\omega^2(l_{AO_2} \cos \alpha_A + l_{BO_2} \cos \alpha_B) + \frac{1}{2}\varepsilon(l_{AO_2} \cdot \sin \alpha_A + l_{BO_2} \sin \alpha_B); \quad (14)$$

$$\bar{a}_{Z_1} = \frac{1}{2}(a_{AZ_1} + a_{BZ_1}) = \frac{1}{2}\varepsilon(l_{AO_2} \cdot \cos \alpha_A + l_{BO_2} \cdot \cos \alpha_B) - \frac{1}{2}\omega^2(l_{AO_2} \cdot \sin \alpha_A + l_{BO_2} \cdot \sin \alpha_B). \quad (15)$$

В уравнениях (14) и (15), при условии $Y_A < 0$ и $Y_B < 0$ (согласно рис.2)

$$l_{AO_2} \cdot \cos \alpha_A + l_{BO_2} \cdot \cos \alpha_B = -(Y_A + Y_B); \quad (16)$$

$$l_{AO_2} \cdot \sin \alpha_A + l_{BO_2} \cdot \sin \alpha_B = Z_A + Z_B. \quad (17)$$

Из выражений (14) и (15) составим, с учетом (16) и (17), систему уравнений

$$\begin{cases} \bar{a}_{Y_1} = -\frac{1}{2} \cdot \omega^2 \cdot (Y_A + Y_B) + \frac{1}{2} \cdot \varepsilon \cdot (Z_A + Z_B); \\ \bar{a}_{Z_1} = -\frac{1}{2} \cdot \varepsilon \cdot (Y_A + Y_B) - \frac{1}{2} \cdot \omega^2 \cdot (Z_A + Z_B). \end{cases} \quad (18)$$

Решая полученную систему, определим

$$\varepsilon = \frac{(a_{AY_1} + a_{BY_1}) \cdot (Z_A + Z_B) - (a_{AZ_1} + a_{BZ_1}) \cdot (Y_A + Y_B)}{(Y_A + Y_B)^2 + (Z_A + Z_B)^2}; \quad (19)$$

$$\omega = \text{sign} \sqrt{\frac{-(a_{AY_1} + a_{BY_1}) \cdot (Y_A + Y_B) - (a_{AZ_1} + a_{BZ_1}) \cdot (Z_A + Z_B)}{(Y_A + Y_B)^2 + (Z_A + Z_B)^2}}. \quad (20)$$

Таким образом, в результате исследований получены зависимости для определения параметров ε и ω для случая произвольной установки двух датчиков в плоскости, перпендикулярной плоскости дороги. Полученные параметры позволяют оценить устойчивость положения средства транспорта, в том числе и шарнирно-сочлененного, в различных условиях.

Выводы

1. Произвольная установка датчиков линейных ускорений позволяет упростить процесс их монтажа. При этом установка двух трехкоординатных датчиков позволяет повысить точность определения основных параметров кругового движения средств транспорта в плоскости дороги и в плоскости, перпендикулярной плоскости дороги, в процессе динамических и ресурсных испытаний.

2. Получены зависимости для определения параметров движения средств транспорта (ε , ω , R_D , X_A) при установке датчиков ускорений при их произвольном расположении. Полученные параметры позволяют оценить устойчивость движения и положения средств транспорта, в том числе и шарнирно-сочлененных, в различных условиях. При наличии бортового компьютера эти величины можно определять в режиме реального времени.

Список использованных источников

1. Гаврилов Э.В. Принципы разработки мобильных вычислительных комплексов / Э.В. Гаврилов, О.П. Алексеев, О.П. Смирнов // Информационные технологии. – Х.: Магдебург. – ХГПУ, 1999. – с. 139-141.
2. Клец Д.М. Разработка мобильного регистрационно-измерительного комплекса для проведения динамических испытаний колесных машин / Д.М. Клец // Вісник Національного транспортного університету. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2012. – Вип. 25. – С.234-241.

3. Клец Д.М. Вплив експлуатаційних факторів та технічного стану автомобіля на його стійкість проти заносу : автореф. дис. на здобуття ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / Д.М. Клец. – Харків, 2009. – 20 с.
4. Подригало М.А. Метрологічне забезпечення динамічних випробувань тягово-транспортних машин / М.А. Подригало, А.І. Коробко, Д.М. Клец, В.І. Гацько // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Тракторна енергетика в рослинництві. – 2009. – Вип. 89. – С. 87-89.
5. Клец Д.М. Метод повышения точности обработки данных, полученных в ходе испытаний мобильных машин, с помощью фильтра Баттерворта / Д.М. Клец // Вісник НТУ «ХП». – 2012. – № 60 (966) – С. 98-104.
6. Коновалов В.Ф. Динамическая устойчивость тракторов / В.Ф. Коновалов – М.: Машиностроение, 1981. – 144 с.

Анотація

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ДАТЧИКІВ ПРИСКОРЕНЬ

Д.М. Клец, Є.О. Дубінін,

Запропоновано залежності для визначення параметрів руху засобів транспорту при установці датчиків прискорень при їх довільному розташуванні. Результати можуть бути використані при динамічних та ресурсних випробуваннях засобів транспорту.

Ключові слова: засіб транспорту, параметри руху, датчик прискорень, стійкість, динамічні випробування, ресурс, безпека

Abstract

METHOD OF DETERMINATION OF VEHICLE MOTION PARAMETERS BY MEANS OF ACCELERATION SENSORS

D. Klets, Ye. Dubinin,

The dependences for determining the parameters of vehicle motion when installing acceleration sensors at random location are offered. The results obtained can be used in dynamic and endurance tests of vehicles.

Key words: vehicle, movement parameters, acceleration sensor, stability, dynamic testing, resource, safety.