

# АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 629.017

## ВЛИЯНИЕ ПОДВЕСКИ ШАРНИРНО-СОЧЛЕНЕННЫХ СРЕДСТВ ТРАНСПОРТА НА ПАРАМЕТРЫ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ

Е. А. Дубинин, к.т.н., доцент

А. С. Полянский, д.т.н., профессор

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Выполнена количественная оценка влияния подвески шарнирно-сочлененного средства транспорта на параметры устойчивости его положения при движении. Определено, что при движении на горизонтальных участках дороги максимальные значения угловой скорости подрессоренной массы превышали аналогичный параметр устойчивости неподдресоренной массы не более чем на 20%. Учет влияния подрессоренных масс позволит повысить точность определения максимальных параметров устойчивости, превышение которых может привести к опрокидыванию.

**Ключевые слова:** средство транспорта, шарнирно-сочлененный, подвеска, параметр, устойчивость положения.

**Постановка проблемы.** При движении колесных шарнирно-сочлененных средств транспорта по дорогам общего пользования их подвески находятся в разблокированном состоянии и вносят определенный вклад в процесс колебаний. Это, в свою очередь, влияет на устойчивость против опрокидывания. При применении, для повышения безопасности транспортных работ, электронных средств защиты от опрокидывания необходимо обоснованно подходить к вопросам места установки датчиков линейных ускорений. Поэтому экспериментальная оценка влияния подвески на параметры устойчивости положения (угловые скорости и ускорения) является актуальной задачей.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Известно, что на устойчивость положения колесных средств транспорта большое влияние оказывает наличие подвески, ее конструкция и техническое состояние. Вопросам изучения влияния подвески на эксплуатационные качества посвящены работы [1-5] и др., в которых отражены как теоретические, так и экспериментальные результаты исследований. В то же время вопросы оценки влияния подвески на устойчивость положения шарнирно-сочлененных машин изучены не в полной мере.

**Формулирование целей статьи.** Целью работы является повышение безопасности эксплуатации шарнирно-сочлененных средств транспорта путем введения корректирующих воздействий с учетом влияния подвески.

Для достижения поставленной цели необходимо:

- провести экспериментальные исследования по количественной оценке влияния подвески

на параметры устойчивости положения шарнирно-сочлененных колесных средств транспорта;

- обосновать места установки датчиков линейных ускорений электронных средств защиты от опрокидывания.

**Основная часть.** В процессе экспериментальных исследований осуществлялась оценка параметров динамической устойчивости положения шарнирно-сочлененного колесного трактора Т-150К с номинальным тяговым усилием 30 кН (рис.1а) при различных режимах движения в качестве технологического транспорта с использованием адаптированного мобильного регистрационно-измерительного комплекса (МРИК) [6]. Выполнялась регистрация динамических параметров, а именно: вертикальных, боковых и продольных ускорений, действующих на подрессоренную и неподдресоренную массы передней секции шарнирно-сочлененного трактора. Датчики ускорений МРИК устанавливались на мост и раму передней подрессоренной секции трактора (рис.1б). Движение осуществлялось на горизонтальном ( $\beta = 0^0$ ) ровном асфальтобетонном покрытии (рис.1в) со средней скоростью 1,4 м/с, высота неровностей достигала  $h_{н\max} = 0,01$  м; на горизонтальном участке дороги с существенными неровностями со средней скоростью 2,8 м/с, высота неровностей достигала  $h_{н\max} = 0,1$  м (рис.1г).

Метеорологические условия при проведении испытаний по данным метеослужбы перед началом и в конце эксперимента в зоне расположения участка дороги, на которой проводились исследования, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Метеорологические условия при проведении испытаний

| Время                             | Осадки      | Направление ветра | Скорость ветра, м/с | Температура воздуха, °С | Влажность, % | Атм. давл., мм рт. ст. |
|-----------------------------------|-------------|-------------------|---------------------|-------------------------|--------------|------------------------|
| 9 <sup>00</sup> .12 <sup>00</sup> | Без осадков | ЮВ                | 1,4                 | 10                      | 90           | 751                    |



Рис.1. Проведение экспериментальных исследований на шарнирно-сочлененном колесном тракторе Т-150К

Пример полученных результатов в виде линейных ускорений для шарнирно-сочлененного трактора Т-150К с номинальным тяговым усилием 30 кН приведен на рис. 2.

В результате проведенных экспериментальных исследований получены величины ли-

нейных ускорений подрессоренной и неподрессоренной масс передней секции относительно трех координатных осей, которые, в соответствии с зависимостями [7], были преобразованы в угловые ускорения и скорости.

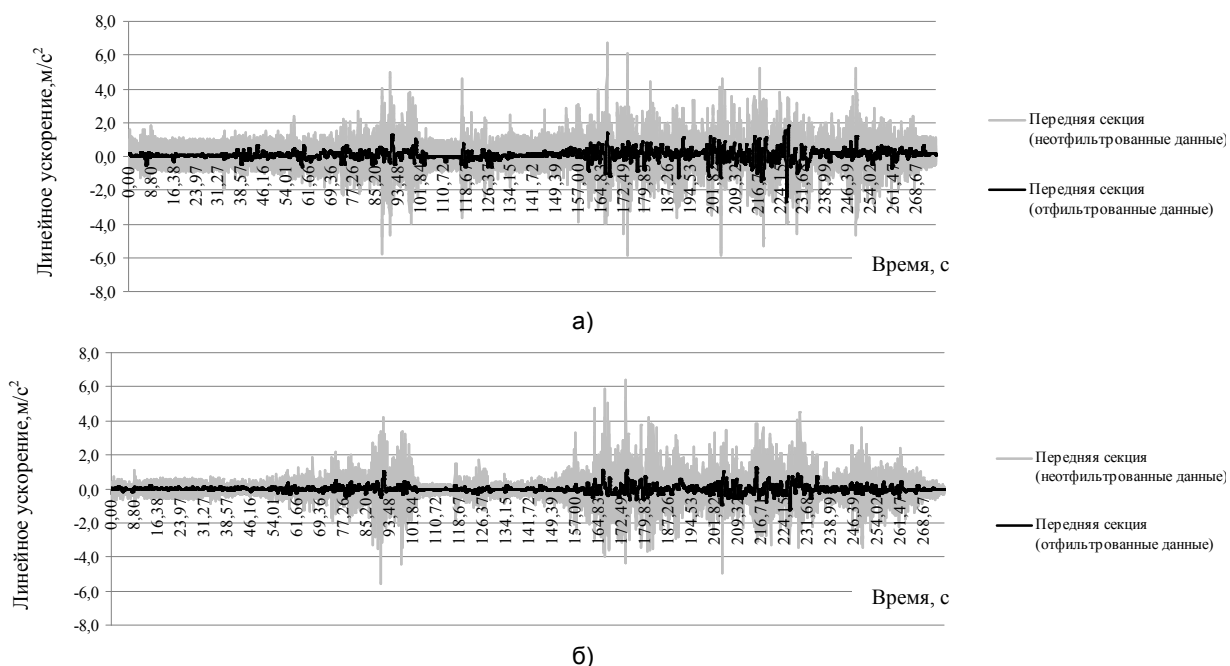


Рис.2. Линейные вертикальные ускорения подрессоренной (а) и неподдресоренной (б) масс передней секции колесного трактора Т-150К на участке дороги с существенными неровностями

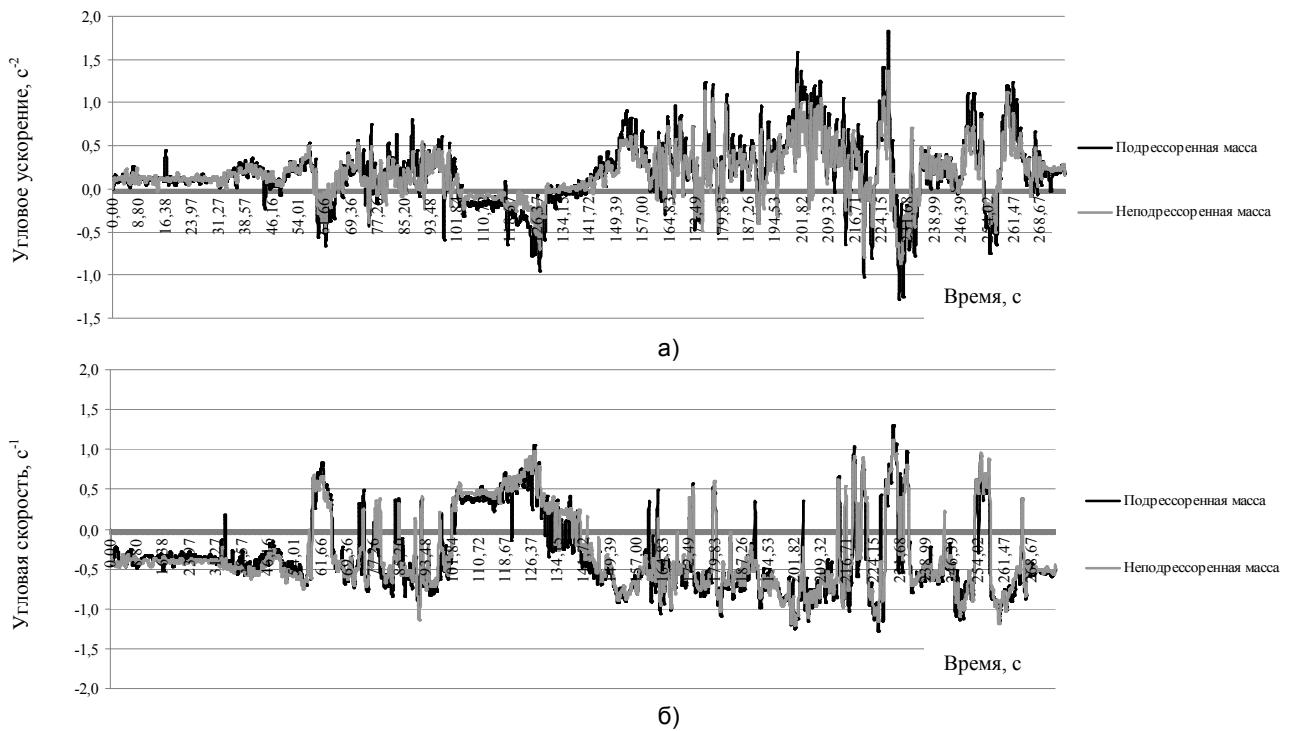


Рис.3. Угловые ускорения (а) и скорости (б) поддресоренной и неподдресоренной масс передней секции трактора

На основании полученных параметров устойчивости положения на примере угловой скорости в поперечной плоскости, перпендикулярной опорной поверхности, осуществлен подбор распределения случайных величин. Наиболее подходящим является нормальное распределение величин угловых скоростей поддресо-

ренной и неподдресоренной масс передней секции трактора, возникающих в плоскости, перпендикулярной опорной поверхности, при его движении (рис. 4, 5). Адекватность полученных результатов была подтверждена значениями критерия Std. Err. [8], который для полученных результатов не превышал 0,002.

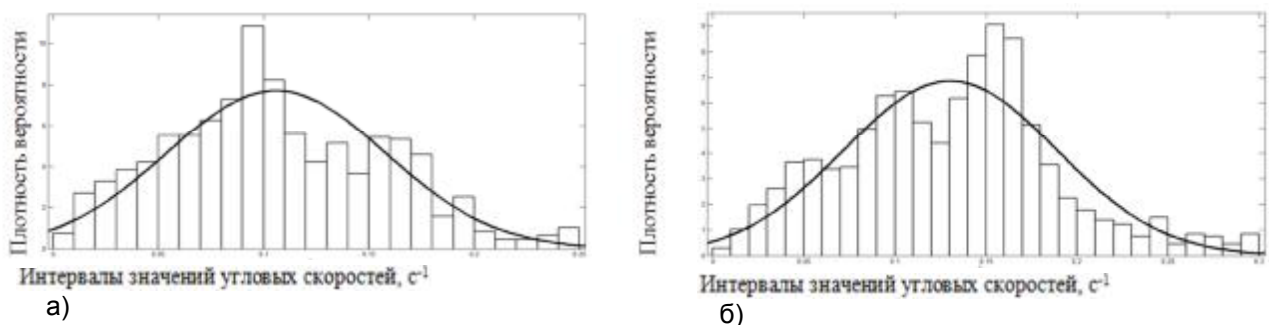


Рис.4. Гистограммы распределения угловых скоростей при движении трактора Т-150К на горизонтальном ровном асфальтобетонном покрытии: а) поддресоренная масса, б) неподдресоренная масса

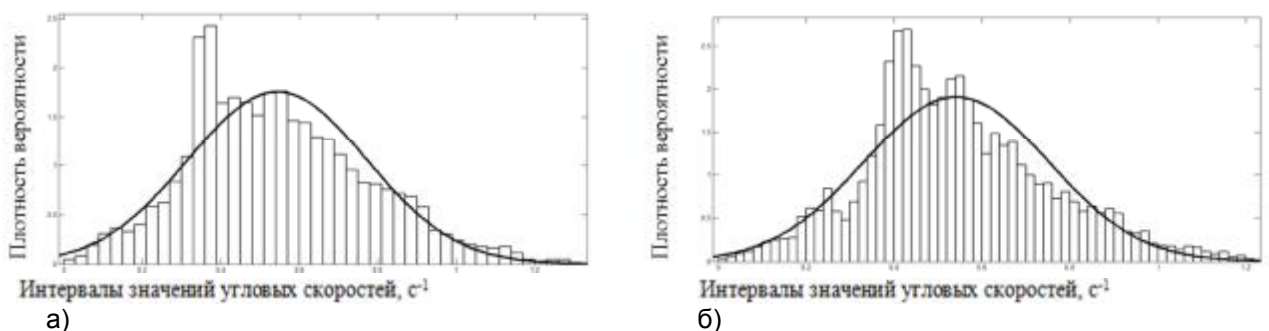


Рис.5. Гистограммы распределения угловых скоростей при движении трактора Т-150К на горизонтальном участке дороги с существенными неровностями: а) поддресоренная масса, б) неподдресоренная масса

В таблице 2 приведены результаты статистической обработки величин угловых скоростей подрессоренной и неподрессоренной масс передней секции шарнирно-сочлененного трактора Т-150К.

Использование критерия угловой скорости позволяет отслеживать в режиме реального времени процессы, происходящие при движении средства транспорта по неровностям и своевременно информировать водителя об опасности возникновения аварийной ситуации. Полученные в результате исследований данные позволяют

определить влияние подвески на устойчивость положения шарнирно-сочлененных средств транспорта. Установлено, что при движении на горизонтальных участках дороги с различным качеством асфальтобетонного покрытия средние и максимальные величины угловых скоростей подрессоренной и неподрессоренной масс передней секции трактора Т-150К отличались не более чем на 20%. При этом максимальные значения угловых скоростей подрессоренной массы превышали аналогичный параметр устойчивости положения неподрессоренной массы.

Таблица 2 - Результаты статистической обработки экспериментальных данных

| Условия движения трактора  | Масса передней секции | Математическое ожидание | Среднее квадратическое отклонение | Законы распределения величин угловых скоростей   |
|--|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------|--|
| Движение на горизонтальном ровном асфальтобетонном покрытии            | подресс.              | 0,11                    | 0,050                             | $Q = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 0,05} \cdot e^{-\frac{(\omega-0,11)^2}{2 \cdot 0,05^2}}$   |
|  | неподресс.            | 0,13                    | 0,030                             | $Q = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 0,03} \cdot e^{-\frac{(\omega-0,13)^2}{2 \cdot 0,03^2}}$   |
| Движение на горизонтальном участке дороги с существенными неровностями | подресс.              | 0,54                    | 0,227                             | $Q = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 0,227} \cdot e^{-\frac{(\omega-0,54)^2}{2 \cdot 0,227^2}}$ |
|  | неподресс.            | 0,54                    | 0,209                             | $Q = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 0,209} \cdot e^{-\frac{(\omega-0,54)^2}{2 \cdot 0,209^2}}$ |

Результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать установку датчиков линейных ускорений МРИК на колесном средстве транспорта на подрессоренной его части для повышения точности оценки устойчивости положения и снижения вероятности опрокидывания. Для предварительной оценки параметров устойчивости положения секций шарнирно-сочлененных колесных машин при движении по неровностям возможно использование одномассовой модели.

**Выводы.** Экспериментально установлено влияние подвески на устойчивость положения

шарнирно-сочлененных средств транспорта на примере колесного трактора Т-150К. Определено, что средние и максимальные величины угловых скоростей подрессоренной и неподрессоренной масс передней секции трактора Т-150К при движении на горизонтальных участках дороги с различным качеством асфальтобетонного покрытия отличались не более чем на 20%. Установка датчиков линейных ускорений на подрессоренные части шарнирно-сочлененного средства транспорта повышает точность оценки параметров устойчивости его положения.

#### Список використаної літератури:

1. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля / Ротенберг Р.В. – [Изд. 3-е перераб. и доп.] – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с.
2. Закин Я.Х. Прикладная теория движения автопоезда / Закин Я.Х. – М.: Транспорт, 1967. – 252 с.
3. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин / Смирнов Г.А. – М.: Машиностроение, 1981. – 267 с.
4. Дорошенко Н.А. Обоснование и разработка методов выбора параметров трактора типа Т-150К по показателям плавности хода и устойчивости на транспортных работах: дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / Дорошенко Николай Анатольевич. – Х., 1990. – 244 с.
5. Золотаревская Д.И. Математическое моделирование колебаний колесного трактора с вязкоупругой передней подвеской / Д.И. Золотаревская // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, №6, 2013. – с. 16-24.
6. Пат. 51031 Україна, МПК G01P 3/00 25.06.2010. Система для визначення параметрів руху автотранспортних засобів при динамічних (кваліметричних) випробуваннях / Подригало М.А., Коробко А.І., Клец Д.М., Файст В.Л.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. університет. – № u201001136; заявл. 04.02.10; опубл. 25.06.10, Бюл. № 12.
7. Клец Д.М. Метод определения параметров движения средств транспорта с помощью датчи-

ков ускорений / Д.М. Клец, Е.А. Дубинин // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва: Зб. наук. праць, Вип. 151. – Харків, 2014. – С. 373-378.

8. [http://en.wikipedia.org/wiki/Standard\\_error](http://en.wikipedia.org/wiki/Standard_error), Everitt, B.S. (2003) The Cambridge Dictionary of Statistics, CUP. ISBN 0-521-81099-X

**Дубінін Є.О., Полянський О.С. Вплив підвіски шарнірно-зчленованих засобів транспорту на параметри стійкості положення**

Виконана кількісна оцінка впливу підвіски шарнірно-зчленованого засобу транспорту на параметри стійкості його положення при русі. Визначено, що при русі на горизонтальних ділянках дороги максимальні значення кутової швидкості підресореної маси перевищували аналогічний параметр стійкості непідресореної маси не більше ніж на 20%. Врахування впливу підресорених мас дозволить підвищити точність визначення максимальних параметрів стійкості, перевищення яких може привести до перекидання.

**Ключові слова:**засіб транспорту, шарнірно-зчленований, підвіска, параметр, стійкість положення.

**Dubinyn Ye., Polyanskiy A. Effect of articulated vehicles suspension on the position stability parameters**

The quantitative assessment of the articulated vehicles suspension impact on the position stability parameters while driving is performed. The registration of dynamic parameters, namely: the vertical, lateral and longitudinal accelerations acting on the sprung and unsprung masses of the articulated tractors front section is performed. As a result of experimental studies there were obtained the values of linear acceleration, which have been converted into the angular acceleration and the front section speed. Based on these parameters there was carried out the selection of random variables distribution. The most suitable is the normal distribution of angular velocities of the sprung and unsprung masses of the tractor front section. It was determined that the average and maximum values of the angular velocities of the sprung and unsprung masses of the tractor T-150K front section while driving on horizontal road section with different asphalt concrete pavement quality differed by no more than 20%. Accounting of the influence of sprung masses will make it possible to increase the accuracy of maximum stability parameters determination, the excess of which can lead to rollover. For preliminary assessment of position stability parameters of articulated wheeled vehicles sections when driving on uneven coatings is possible to use the single-mass model.

**Keywords:**vehicle, articulated, suspension, parameter, position stability.

Стаття надійшла в редакцію: 21.04.2015р.

Рецензент: д.т.н., професор Ревенко І.І.

УДК 629.3.016

**НОВЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ НОРМАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ НА ОСЯХ АВТОМОБИЛЯ**

**М. А. Подригало**, д.т.н., професор, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

**Е. М. Гецович**, д.т.н., професор, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

**М. В. Байцур**, к.т.н., доцент, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

**В. В. Шелудченко**, к.т.н., доцент, Сумский национальный аграрный университет

Предложен новый методический прием, позволяющий без составления уравнений кинемостатики определить суммарные нормальные реакции дороги на осях автомобиля при движении в тяговом и тормозном режимах. Такой подход позволяет избежать ошибок, вызванных определением направления опрокидывающего момента в продольной плоскости автомобиля.

**Ключевые слова:**нормальные реакции дороги, принцип Германа-Д'Аламбера-Эйлера, сумма моментов сил, центр масс автомобиля.

**Постановка проблемы.** Принцип Германа-Д'Аламбера-Эйлера получил широкое распространение при решении задач динамики автомобиля. Однако при рассмотрении поступательного движения автомобиля можно определять суммарные нормальные реакции дороги на перед-

ней и задней осях, используя уравнения статики, поскольку автомобиль имеет только одну степень свободы (в направлении своей продольной оси). В направлении оси, перпендикулярной опорной поверхности дороги, автомобиль находится в равновесии (при допущении абсолютно