

УДК 629.017

Д.М.Клец, Р.Ю.Сальников

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАНЕВРЕННОСТИ
МНОГООСНЫХ КОЛЕСНЫХ МАШИН

Проведены испытания многоосных машин повышенной проходимости на примере бронетранспортёра БТР-80, КраЗ-6322 и КраЗ-7140Н6. Получены графики продольных и угловых ускорений, угловых скоростей колёсных машин при помощи мобильного регистрационно-измерительного комплекса.

Ключевые слова: многоосные автомобили, проходимость, устойчивость, маневренность

Рис 9. Форм. 6. Лит 10.

Д.М.Клец, Р.Ю.Сальников

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ
МАНЕВРЕНОСТІ БАГАТОВІСНИХ КОЛІСНИХ МАШИН

Проведено випробування багатовісних машин підвищеної прохідності на прикладі бронетранспортеру БТР-80, КраЗ-6322 та КраЗ-7140Н6. Отримано графіки повздовжніх та кутових прискорень, кутових швидкостей колісних машин за допомогою мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу.

Ключові слова: багатовісні автомобілі, прохідність, стійкість, маневреність

D.Klets, R.Salnikov

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF MULTIAXIAL VEHICLES MANEUVERABILITY
INDICATORS

The main vehicle purpose is goods and passengers transportation with a specified efficiency, economy, environmental friendliness and safety. In vehicle theory, handling can be viewed as a vehicle property to keep movement specified direction or modify it according to the managing tools impact. Stability is vehicle ability to keep a predetermined speed, direction, and orientation of the longitudinal and vertical axes as a result of various perturbing forces impact.

Formation vehicles stability and controllability properties should be implemented at the design stage by rational choice of maneuver method, steering construction and machine construction parameters. Vehicle technical level is determined by their dynamic properties. The high level of these properties is particularly important to ensure in heavy city traffic.

Vehicles insufficient stability and controllability is one of the common causes of accidents on the roads. Heavy consequences of vehicle controllability and stability loss require the consideration of this problem by scientists and engineers.

Multi-terrain vehicles tests of BTR-80, KrAZ-6322 and KrAZ-7140H6 are performed. Diagrams of vehicle longitudinal and angular acceleration, angular velocity using mobile measuring complex are obtained.

Keywords: multiaxis vehicles, throughput, stability, maneuverability

Постановка проблеми и задачи исследования. В общей транспортной системе Украины важное значение имеет автомобильный транспорт, который занимает первое место по перевозкам грузов. Автомобили высокой и особо высокой проходимости нельзя рассматривать как средство для массовых перевозок грузов. Они необходимы для специальных целей и для перевозок в наиболее тяжёлых условиях пути. Повышение проходимости автомобиля достигается за счет увеличения числа осей, применения шин увеличенного профиля, установки самоблокирующихся дифференциалов, увеличения дорожных просветов.

Указанные машины должны обладать хорошей проходимостью, устойчивостью и маневренностью. Именно такие понятия необходимо закладывать при формировании технических свойств автомобиля путём рационального выбора конструктивных параметров. Многоосные грузовые автомобили получили широкое распространение в сельском хозяйстве, военной промышленности, а также в строительстве. Эти колёсные машины должны быть безопасными в эксплуатации, так как опрокидывание или столкновение с подобного рода машинами влечёт за собой высокий травматизм и материальный ущерб.

Вопросы повышения безопасности движения грузовых автомобилей принадлежат к числу важнейших, актуальность которых будет возрастать, поэтому этим вопросам необходимо уделять особое внимание.

Анализ последних источников исследований и публикаций. Основные положения теории автомобиля были разработаны академиком Чудаковым Е.А. и опубликованы в книге «Теория автомобиля» [1] вышедшей в 1950 г. Понятие устойчивость автомобиля рассматривалось автором не как отдельное эксплуатационное свойство, а как один из факторов влияющих на тяговые и тормозные свойства. При движении на повороте устойчивость считается одним из свойств управляемости, а при движении по прямой - отдельным свойством. Однако при движении по

©Д.М.Клец, Р.Ю.Сальников

прямой водитель вынужден постоянно воздействовать на рулевое колесо для компенсации отклонений курсового угла автомобиля от заданного под действием различных внешних и внутренних факторов.

В работе [2] понятие устойчивости рассматривалось как способность автомобиля самопроизвольно не отклоняться от траектории и параметров установившегося движения под воздействием внешних и внутренних возмущений. Потеря устойчивости при установившемся движении это занос задней оси, увод передней оси, буксование ведущих колес, а также наезд на припятствие.

Автор работы [3] считал, что для повышения устойчивости движения многоосной машины необходимо стремиться к тому, чтобы машина обладала либо недостаточной поворачиваемостью, либо чтобы её критическая скорость была высокой, по возможности находилась бы за пределом реальной скорости машины. Литвинов А.С. в своей работе утверждал, что при изучении устойчивости необходимо рассматривать движение колесной машины по всем степеням свободы, кроме движений в направлении перпендикулярном опорной поверхности и в направлении продольной оси автомобиля. Характер изменения движения автомобиля в направлении его продольной оси, в том числе и устойчивость движения в этом направлении, определяется тяговыми и тормозными свойствами автомобиля [4].

В работе [5] авторы утверждают, что устойчивость движения является одним из наиболее важных эксплуатационных свойств автомобилей, влияющих на безопасность движения. Указанное свойство в значительной степени определяется техническим состоянием шин, стабильностью таких параметров как динамический (статический) и кинематический радиусы, зависящих от разноразмерности шин, их неоднородности, изменчивости показателей радиальной жёсткости при вращении колёс.

Динамические свойства автомобиля проявляются в его реакции на управляющее воздействие [6]. В указанной работе [6] предложено в качестве критерия управляемости использовать величину ускорения (линейного или углового) автомобиля, возникающего при создании управляющего воздействия. С помощью указанного критерия возможно оценить динамические свойства автомобиля не только на повороте, но также и при разгоне, торможении, движении «крабом» и задним ходом [6].

В работе Литвинова А.С., Фаробина Я.Е. [7] авторы полагают, что для получения желаемого курсового угла и траектории движения автомобиля водитель должен постоянно воздействовать на органы управления автомобилем, создавая управляющие силы, которые регулируются самим водителем. Также исследованию показателей устойчивости и управляемости автомобилей посвящены работы [8, 9].

Несмотря на многообразие работ, посвященных оценке свойств маневренности колесных машин, определение мгновенного КПД и радиуса поворота автомобиля, а также эффективной мощности двигателя в режиме реального времени вызывает затруднение у исследователей. Данные вопросы требуют дальнейшего изучения.

Цель исследования. Выполнить экспериментальную оценку показателей маневренности многоосных грузовых автомобилей с помощью мобильного регистрационно-измерительного комплекса.

Изложение основного материала исследования. В процессе экспериментальных исследований выполнялись регистрация динамических, аэродинамических свойств, устойчивости и мощностных характеристик, а также определение мгновенного КПД многоосных грузовых автомобилей.

Дорожные испытания проводились на следующих колесных машинах в стандартном исполнении (рис. 1):

- полный привод: «КрАЗ-6322»;
- полный привод: «КрАЗ-7140Н6»;
- полный привод: «БТР-80».

При проведении экспериментальных исследований соблюдались следующие условия:

- скорость ветра не больше 6 м/с (при порывах до 7 м/с);
- отсутствие осадков;
- атмосферное давление - не меньше 910 кПа (683 мм рт. ст.);
- относительная влажность воздуха не выше 95%;
- температура воздуха не ниже 3°C.



Рис. 1. Колесные машины, прошедшие испытания:
а – КрАЗ-6322; б – КрАЗ-7140Н6; в – БТР-80

Для регистрации данных при дорожных испытаниях автомобилей использовался мобильный регистрационно-измерительный комплекс (рис. 2), состоящий из двух трехкоординатных датчиков ускорений Freescale Semiconductor, подключенных к ПЭВМ (notebook) [10]. Датчики устанавливались на раме автомобилей симметрично относительно продольной оси машины.



Рис. 2 Мобильный регистрационно-измерительный комплекс

Угловое ускорения автомобиля в плоскости дороги определяется из следующих зависимостей [5]

$$\varepsilon = \frac{a_{AY_1} - a_{BY_1}}{l_{AB}}; \quad (1)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{a_{BX1} - a_{AX1}}{l_{AB}}}, \quad (2)$$

где $a_{AY_1}; a_{BY_1}$ – компоненты ускорений автомобиля в точках A и B (точки установки датчиков) в направлении боковой оси (в поперечной плоскости);

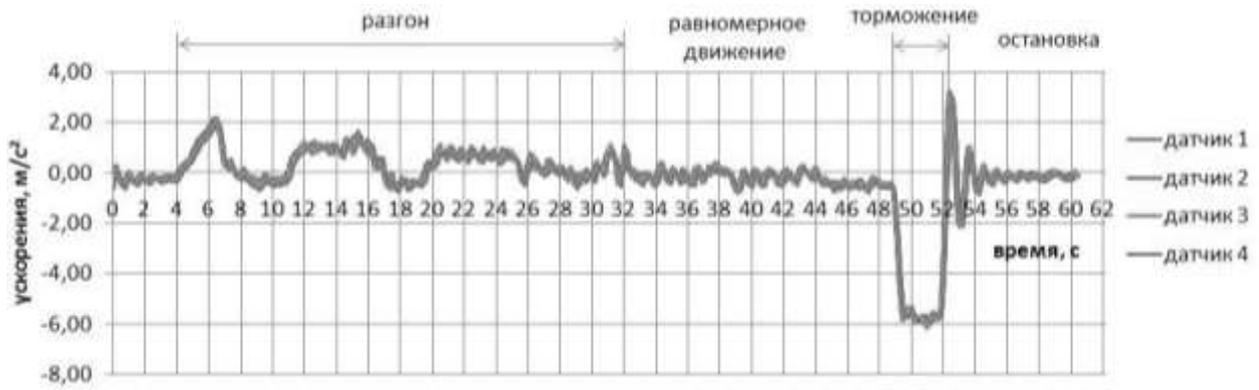
$a_{AX_1}; a_{BX_1}$ – компоненты ускорений автомобиля в точках A и B в направлении продольной оси;

l_{AB} – расстояние между точками крепления датчиков.

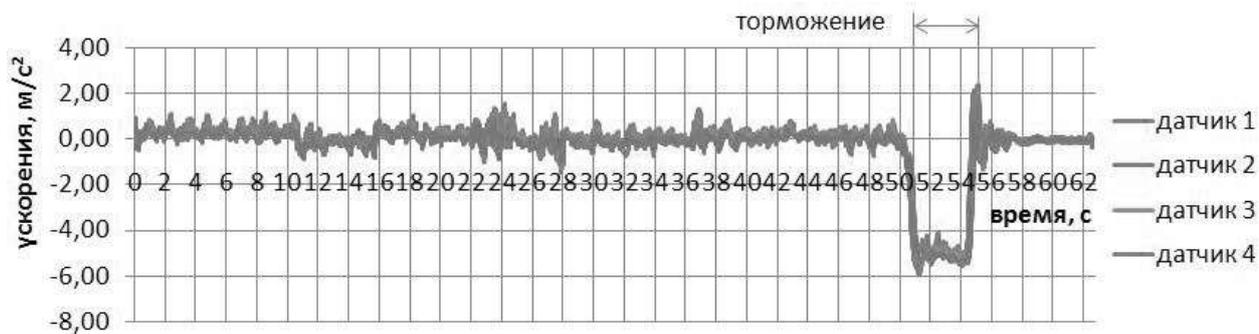
Мгновенный радиус поворота автомобиля определяется следующим образом [5]

$$R_D = \frac{\bar{a}_y \omega^2 + \bar{a}_x \varepsilon}{\varepsilon^2 + \omega^4}. \quad (3)$$

На рис. 3 показаны зависимости продольных ускорений, возникающих в процессе движения некоторых исследуемых автомобилей от времени.



КрАЗ-6322



КрАЗ-7140H6

Рис.3 - Продольные ускорения автомобилей КрАЗ-6322 и КрАЗ-7140

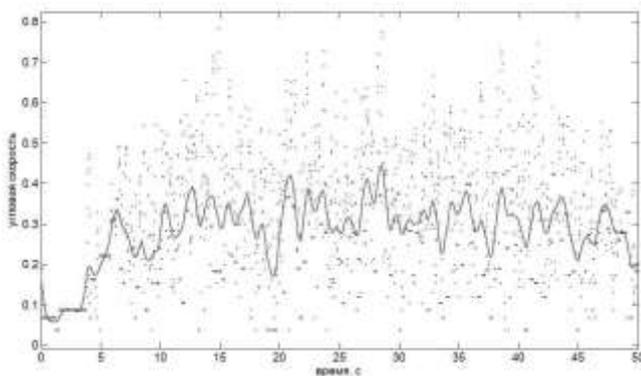


Рис.4. Угловые скорости, возникающие при движении автомобиля КрАЗ-6322 на повороте

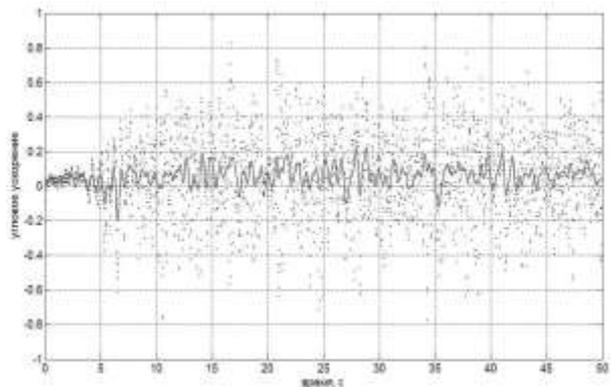


Рис.5. Угловые ускорения, возникающие при движении автомобиля КрАЗ-6322 на повороте

На рис. 6 приведена зависимость от времени ускорения автомобиля КрАЗ-7140H6 в процессе проведения выбега. Зависимость скорости от времени приведена на рис. 7

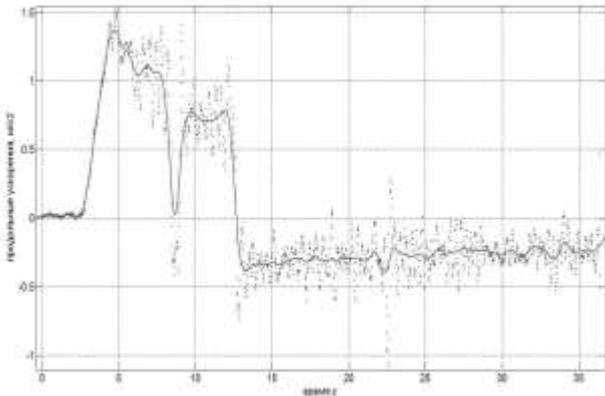


Рис. 6. Ускорення автомобіля КраЗ-7140Н6

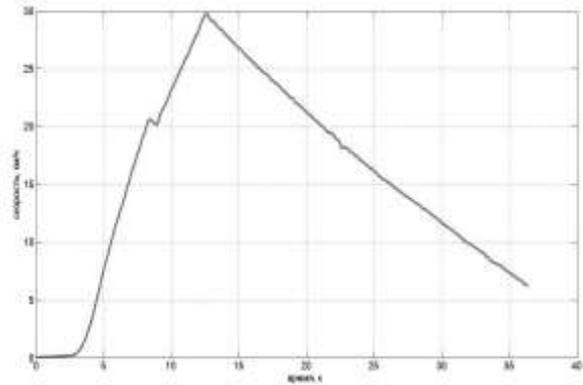


Рис. 7. Изменение скорости автомобиля КраЗ-7140Н6 в процессе его выбега

Определение параметров сопротивления движению возможно осуществить путем решения системы алгебраических уравнений, полученных из дифференциального уравнения движения автомобиля при выбеге [5]

$$m_a \dot{V}_a = -(m_a g \Psi + k F V_a^2), \quad (4)$$

где kF - фактор обтекаемости (k -коэффициент сопротивления воздуха; F – площадь лобового сечения автомобиля – мидель);

ψ - суммарный коэффициент дорожного сопротивления, $\Psi = f \pm i$;

i - величина продольного уклона пути.

Мгновенный КПД автомобиля определяем, используя следующую зависимость [5]

$$\eta_{\text{МГН}} = \frac{N_p}{N_e} = \frac{\dot{V}_a}{\dot{V}_a b_1 + b_2 + b_3 V_a + b_4 V_a^2}. \quad (5)$$

Эффективная мощность определяется по зависимости [5]

$$N_e = m_a V_a (\dot{V}_a \cdot b_1 + b_2 + b_3 V_a + b_4 V_a^2), \quad (6)$$

где b_1, b_2, b_3, b_4 - коэффициенты, определяемые при измерениях в процессе движения автомобиля

\dot{V}_a - линейное ускорение автомобиля

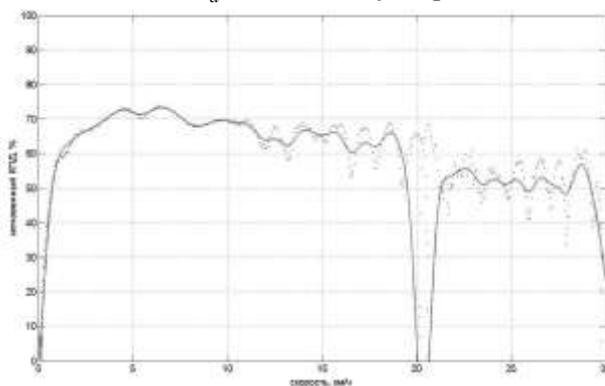


Рис. 8. Мгновенный КПД автомобиля КраЗ-7140Н6 в зависимости от скорости его движения

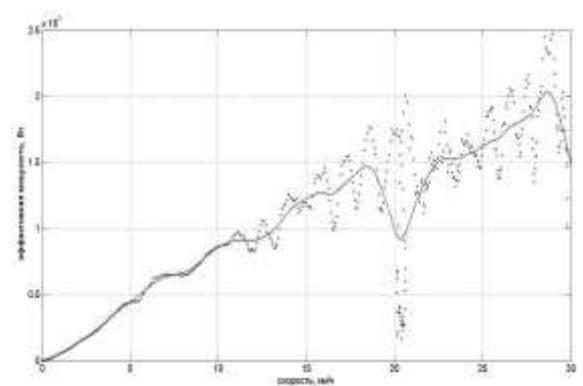


Рис. 9 Эффективная мощность двигателя автомобиля КраЗ-7140Н6

Относительная погрешность измерения ускорений с помощью регистрационного комплекса не превышает 3-х %. Эта погрешность включает в себя погрешность самих датчиков и погрешность их установки на автомобиле.

©Д.М.Клец, Р.Ю.Сальников

Выводы

1. Мобильный регистрационно-измерительный комплекс ХНАДУ позволяет оценивать параметры маневренности колесных машин, а также проводить определение тягово-скоростных характеристик и сопротивления движению, мощностных, аэродинамических показателей и мгновенного КПД автомобиля с возможностью просмотра результатов в режиме реального времени.

2. Величины установившегося замедления исследуемых автомобилей КрАЗ-6322 и КрАЗ-7140 составили 6 м/с^2 . Максимальное ускорение на первой передаче автомобиля КрАЗ-6322 составило 2 м/с^2 , а КрАЗ-7140Н6 и БТР-80 $1,5 \text{ м/с}^2$. Мгновенный КПД автомобиля КрАЗ-7140Н6 при интенсивном разгоне на первой передаче равен 75%. Полученные результаты могут быть использованы в процессе эксплуатации при моделировании движения автомобилей на ПЭВМ, а также при проектировании перспективных колесных машин.

1. Чудаков Е. А. Теория автомобиля / Чудаков Е.А. – М.: Машгиз, 1950. – 343 с
2. Закин Я. Х. Маневренность автомобиля и автопоезда / Закин Я.Х. – М.: Транспорт, 1986. – 136 с.
3. Антонов Д. А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей / Антонов Д.А. – М.: Машиностроение, 1973. – 216с.
4. Литвинов А. С. Управляемость и устойчивость автомобиля / Литвинов А.С. – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.
5. Динамика автомобиля / [Подригало М.А., Волков В.П., Бобошко А.А., Павленко В.А., Файст В.Л., Клец Д.М., Редько В.В.]. – Харьков.: ХНАДУ, 2008. – 426 с.
6. Подригало М.А. Управляемость и устойчивость автомобиля. Определение понятий / М.А. Подригало, – Автомобильная промышленность. – 2008. – № 11. – с. 22 – 23.
7. Литвинов А. С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств / Литвинов А.С. Фаробин Я.Е. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.
8. Смирнов Г. А. Теория движения колесных машин / Смирнов Г.А. – М.: Машиностроение, 1990.– 352 с.
9. Степанов Ю. А. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на параметры поворота полноприводного автомобиля / Степанов Ю.А. Автомобильная промышленность. – 1975.– № 5.– с. 17-21.
10. 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.И., Клец Д. М., Файст В.Л.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. університет. – № у 2010 01136; заявл. 04.02.10 ; опубл. 25.06.10, Бюл. № 12.

Стаття надійшла до редакції 18.04.2014