

po ajeroportovym sluzhbam. Chast' 2. Sostojanie poverhnosti pokrytija : Doc 9137-AN/898. – Izdanie chetyvjortoe – ICAO, 2002. – IV, 126 s. – (Normativnyj dokument Mezhdunarodnoj organizacii grazhdanskoj aviacii. Rukovodstvo). 11. Sil'janov V. V. Transportno-jekspluacionnyje kachestva avtomobil'nyh dorog i gorodskih ulic : uchebnik [dlja stud. vyssh. ucheb. zaved.] / V. V. Sil'janov, Je R. Domke. – 2-e izd. – M.: Izdatel'skij centr «Akademija», 2008. – 352 s. 12. Stepanov V. Ju. Znizhennja nerivnomirnosti gal'mivnih momentiv na kolesah legkovogo avtomobilja : avtoref. dis. na zdobuttja nauk. stupenja kand. tehn. nauk : spec. 05.22.02 «Avtomobili ta traktori» / V. Ju. Stepanov. – Harkiv, 2006. – 20 s. 13. Turevskij I. S. Teorija avtomobilja / I. S. Turevskij. — M.: «Vysshaja shkola», 2005 . – 240 s. 14. Turenko A. N. Issledovanie tormoznoj dinamiki avtomobilja pri analize dorozhno-transportnogo proisshestvija / A. N. Turenko, V. I. Klimenko, A. V. Saraev, A. O. Maljavin // Avtomobil'nyj transport. – 2010. Vyp. 26 – S. 17-22. 15. Fal'kevich B. S. Teorija avtomobilja / B S. Fal'kevich. – M.: Mashgiz, 1963. – 236 s.

Клец Д.М.

#### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗЧЕПЛЕННЯ КОЛІС З ДОРОГОЮ

Запропоновано методику експериментального визначення коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою з використанням мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу на базі датчиків лінійного прискорення.

Клец Д.М.

#### ЭКСПЕРИМЕНАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ КОЛЕС С ДОРОГОЙ

Предложена методика экспериментального определения коэффициента сцепления колес с дорогой с использованием мобильного регистрационно-измерительного комплекса на базе датчиков линейного ускорения.

Klets D.M.

#### EXPERIMENTAL DETERMINATION OF TRACTION COEFFICIENT

The method of experimental determination of traction coefficient with mobile registration and measurement complex based on the linear acceleration sensors is offered.

---

УДК 629.017

Подригало М.А., д-р техн. наук; Полянский А.С., д-р техн. наук;

Клец Д.М., канд. техн. наук; Дубинин Е.А., канд. техн. наук; Задорожня В.В.

#### ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПРОТИВ ОПРОКИДЫВАНИЯ КОЛЕСНОЙ МАШИНЫ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ПОДРЕССОРЕННЫХ МАСС

**Введение.** Известно, что поперечная устойчивость большегрузных автомобилей и колесных тракторов значительно меньше, чем поперечная устойчивость других дорожных транспортных средств и в значительной степени зависит от габаритных размеров и веса.

Устойчивость колесных машин против опрокидывания является важным фактором, влияющим на безопасность движения. При оценке устойчивости против опрокидывания критерием является предельный угол устойчивости положения в продольной и поперечной плоскостях. При определении указанных углов принимается допущение об отсутствии подвесок колес.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Установлено, что более половины зарегистрированных дорожно-транспортных происшествий приводят к опрокидыванию колесных машин или машинно-тракторных агрегатов [1]. Вопросам опрокидывания посвящены работы [2-5], в которых отмечено влияние на процесс опрокидывания критической скорости движения машины, конструктивных параметров, дорожных условий, что усложняет решение практических задач, связанных с обеспечением безопасности движения колёсных машин.

В настоящей статье определено влияние положения центра крена поддресоренных масс на величину угла поперечной устойчивости, что позволяет обеспечить устойчивость положения колесной машины при движении на поперечном уклоне.

**Цель и постановка задачи.** Целью исследования является оценка поперечной устойчивости положения колесной машины на основе учета влияния ее поддресоренных масс. Для достижения поставленной цели необходимо разработать методику оценки влияния положения центра крена поддресоренной массы в поперечной плоскости на устойчивость колесной машины.

**Оценка влияния положения центра крена поддресоренной массы.** На рис. 1 предъявлена схема сил, действующих на колесную машину в поперечной плоскости при движении на боковом уклоне. Колесная машина представлена в виде двухмассовой модели. Вес неподдресоренных масс сосредоточен в точке  $C_n$  (обозначен  $G_H$ ), поддресоренных масс - в точке  $C_n$  (обозначен  $G_{II}$ ). При этом  $G = G_H + G_{II}$ .

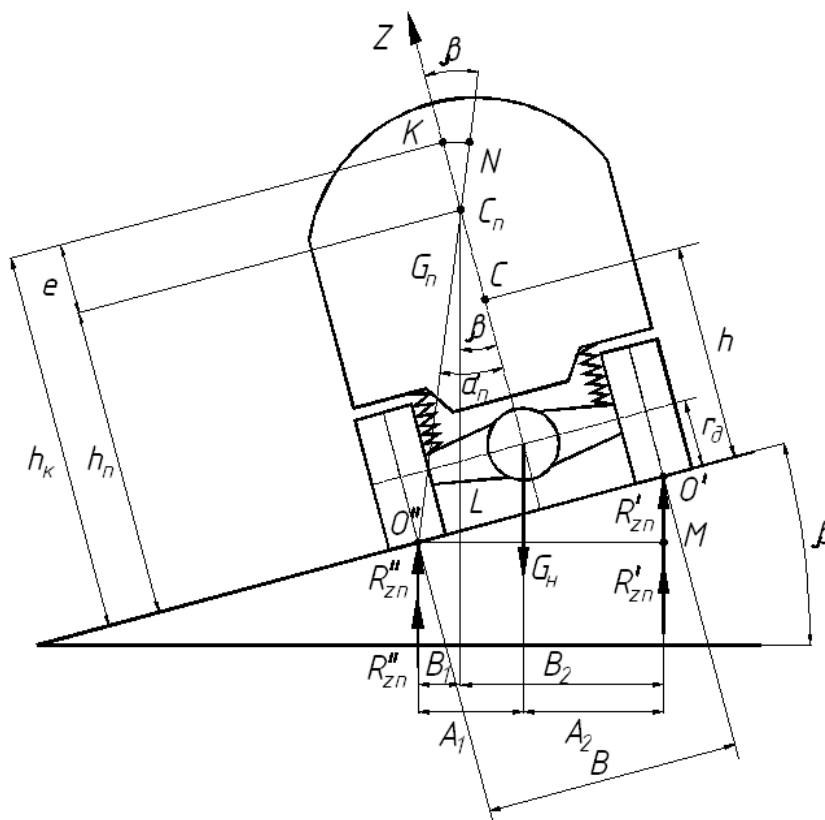


Рис.1. Схема сил, действующих на колесную машину в поперечной плоскости

Общие реакции на левых  $R_Z''$  и правых  $R_Z'$  колесах будут равны соответственно

$$R_Z'' = R_{ZH}'' + R_{ZII}', \quad (1)$$

$$R_Z' = R_{ZH}' + R_{ZII}' . \quad (2)$$

Причем

$$G_{II} = R_{ZII}' + R_{ZII}'', \quad (3)$$

$$G_H = R_{ZH}' + R_{ZH}'' . \quad (4)$$

Исходя из рисунка 1, расстояние от центра поворота  $O''$  до точки  $M$  можно записать следующим образом

$$(O''\bar{M}) = B \cos \beta . \quad (5)$$

Записав уравнения равновесия относительно точки контакта колес  $O'$  и  $O''$ , получим

$$R_{ZH}'' = \frac{A_2}{B \cos \beta} G_H , \quad (6)$$

$$R_{ZH}' = \frac{A_1}{B \cos \beta} G_H . \quad (7)$$

Расстояния от линии действия  $G_{II}$  до колес машины определяются по формулам

$$A_1 = 0,5B \cos \beta - r_\delta \sin \beta , \quad (8)$$

$$A_2 = 0,5B \cos \beta + r_\delta \sin \beta . \quad (9)$$

Подставив выражение (3) в (4), получим зависимость для определения реакций на колесах

$$R_{ZH}'' = \left(0,5 + \frac{r_\delta}{B} \operatorname{tg} \beta\right) G_H , \quad (10)$$

$$R_{ZH}' = \left(0,5 - \frac{r_\delta}{B} \operatorname{tg} \beta\right) G_H . \quad (11)$$

Составим уравнение равновесия относительно точки  $L$

$$R_{ZII}'' [\bar{B}_1 - (K\bar{N})] + G_{II} (K\bar{N}) - R_{ZII}' [B_2 + (K\bar{N})] = 0 . \quad (12)$$

В результате преобразований, с учетом  $(K\bar{N}) = l \sin \beta$ , получим

$$G_{II} B_1 - R_{ZII}' (B_1 + B_2) = 0 . \quad (13)$$

Запишем уравнение сохранения потенциальной энергии, которое в нашем случае примет вид

$$G_{II} \cdot h_{II} + G_H \cdot h_H = G \cdot h . \quad (14)$$

В результате преобразований получим

$$h_{\Pi} = h + (h - r_o) \frac{G_H}{G_{\Pi}}. \quad (15)$$

Составим уравнение равновесия относительно центра переворота - точки  $O''$

$$G_{\Pi} \cdot B_1 - R'_{Z\Pi} B \cos \beta = 0. \quad (16)$$

Откуда

$$R'_{Z\Pi} = G_{\Pi} \frac{B_1}{B \cos \beta}. \quad (17)$$

Из рисунка 1, с учетом угла наклона поверхности  $\beta$  и угла, предельного по опрокидыванию  $\alpha_o$  колесной машины, получим

$$B_1 = (O'' \cdot \bar{L}) \cos \beta, \quad (18)$$

$$(O'' \bar{L}) = h_{\Pi} \cdot \operatorname{tg} \alpha_o - h_{\Pi} \cdot \operatorname{tg} \beta. \quad (19)$$

Отсюда

$$\operatorname{tg} \alpha_o = \frac{B}{2h_H}. \quad (20)$$

Из рисунка 1 получим

$$B_1 = 0,5B \cos \beta - h_{\Pi} \sin \beta. \quad (21)$$

$$B_2 = 0,5B \cos \beta + h_{\Pi} \sin \beta. \quad (22)$$

Тогда, подставив (15) в (21), а затем полученное выражение в (17), получим, выполнив преобразования

$$R'_{Z\Pi} = 0,5G_{\Pi} \left[ 1 - \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha_o} \left( 1 + \frac{G_H}{G_{\Pi}} \right) + \frac{2r_o}{B} \cdot \frac{G_H}{G_{\Pi}} \operatorname{tg} \beta \right]. \quad (23)$$

Запишем уравнение (2), используя (11) и (23), в виде

$$R'_Z = R'_{ZH} + R'_{Z\Pi} = G_H \left( 0,5 - \frac{r_o}{B} \operatorname{tg} \beta \right) + \\ + 0,5G_{\Pi} \left[ 1 - \frac{G}{G_{\Pi}} \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha_o} - \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha_o} + \frac{2r_o}{B} \cdot \frac{G_H}{G_{\Pi}} \operatorname{tg} \beta \right]. \quad (24)$$

Выполнив преобразования, получим зависимость реакции на правом колесе в поперечной плоскости от величины предельного угла устойчивости

$$R'_Z = 0,5G \left( 1 - \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha_o} \right). \quad (25)$$

Из формулы (25) следует, что если угол уклона будет равен углу, предельному по опрокидыванию, тогда  $\beta = \alpha_0 \rightarrow R'_z = 0$ . Эта ситуация является предельно допустимой при отсутствии каких-либо динамических нагрузок при движении колесной машины. В случае нарушения данного условия произойдет аварийная ситуация - опрокидывание.

Результаты проведенных расчетов на примере колесного трактора ХТЗ-17221 показаны на рис. 2.

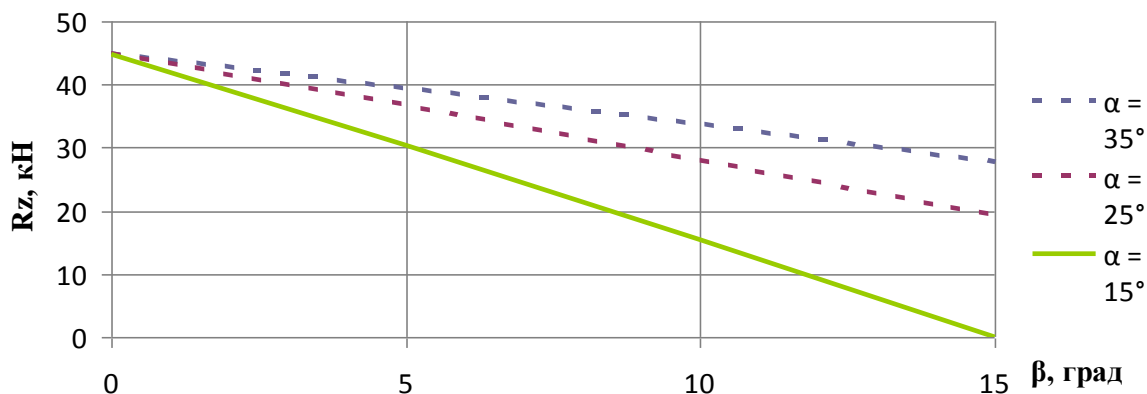


Рис.2. Условия сохранения колесной машиной поперечной устойчивости положения при  $\beta = 0-15^\circ$

Установлено, что при углах поперечных уклонов по данным реальной эксплуатации  $\beta = 0-15^\circ$ , колее 1860 мм, высоте 3345 мм и весе 89,8 кН устойчивость положения машины обеспечивается на всем диапазоне указанных поперечных уклонов при отсутствии дополнительных динамических нагрузок.

### **Выводы:**

1. Разработана методика оценки влияния подрессоренной массы на устойчивость положения колесной машины.
2. Определена зависимость для прогнозирования устойчивости колесных машин при езде на уклоне. Установлено, что на устойчивость оказывают влияние такие факторы, как: вес машины, угол уклона, положение центра крена подрессоренной массы. При этом с уменьшением угла  $\alpha_0$  устойчивость колесной машины имеет тенденцию к снижению.

**Литература:** 1. Задорожня В.В. Актуальность научной задачи устойчивости шарнирно-сочлененных колёсных машин. Сб. н. трудов ХНТУСХ Вып. 93. т.2. – 2010. С.279-286. 2. Меркин Д.Р. Введение в теорию устойчивости движения / Д.Р. Меркин/ - М.: Наука, 1976.- 320с. 3. Подригало М.А, Полянський А.С., Клець Д.М., Корчан Н.С., Задорожня В.В., Оцінка устойчивости положения колесных машин методом парциальных ускорений. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.– Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 11, том 1. – С 58-66. 4. Спосіб підвищення поперечної стійкості колісних машин зі складаними рамами: Пат. 63494 Україна, МПК В60W 30/02 Подригало М.А., Полянський О.С., Дубінін Є.О., Задорожня В.В. (Україна); ХНАДУ, ХНТУСГ ім. П. Василенка. – №201103212; Заявл. 18.03.11; Опубл. 10.10.11, Бюл. №19. – 4 с. 5. Пристрій для забезпечення поперечної стійкості колісних машин з шарнірно зчленованою рамою: Пат. 64377 Україна, МПК В62D 21/00 Подригало М.А., Полянський О.С., Дубінін Є.О., Клець Д.М., Задорожня В.В. (Україна); ХНАДУ, ХНТУСГ ім. П. Василенка. – №201103211; Заявл. 18.03.11; Опубл. 10.11.11, Бюл. №21. – 4 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Zadorozhnjaja V.V. Aktual'nost' nauchnoj zadachi ustojchivosti sharnirno-sochlenennyh koljosnyh mashin. Sb. n. trudov HNTUSH Vyp. 93. t.2. – 2010. S.279-286. 2. Merkin D.R. Vvedenie v teoriju ustojchivosti dvizhenija / D.R. Merkin/ - M.: Nauka, 1976.-320s. 3. Podrigalo M.A, Poljanskij A.S., Klec D.M., Korchan N.S., Zadorozhnjaja V.V., Ocenka ustojchivosti polozhenija kolesnyh mashin metodom parcial'nyh uskorenij. // Praci Tavrijs'kogo derzhavnogo agrotehnologichnogo universitetu.– Melitopol': TDATU, 2011. – Vip. 11, tom 1. – S 58-66. 4. Sposib pidviwennja poperechnoi stijkosti kolisnih mashin zi skladanymi ramami: Pat. 63494 Ukraïna, MPK B60W 30/02 Podrigalo M.A., Poljans'kij O.S., Dubinin Є.O., Zadorozhnja V.V. (Ukraïna); HNADU, HNTUSG im. P. Vasilenka. – №201103212; Zajavl. 18.03.11; Opubl. 10.10.11, Bjul. №19. – 4 s. 5. Pristriij dlja zabezpechennja poperechnoi stijkosti kolisnih mashin z sharnirno zchlenovanoju ramoju: Pat. 64377 Ukraïna, MPK B62D 21/00 Podrigalo M.A., Poljans'kij O.S., Dubinin Є.O., Klec D.M., Zadorozhnja V.V. (Ukraïna); HNADU, HNTUSG im. P. Vasilenka. – №201103211; Zajavl. 18.03.11; Opubl. 10.11.11, Bjul. №21. – 4 s.

Подригало М.А, Полянський О.С., Клец Д.М., Дубінін Є.О., Задорожня В.В.  
ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ПРОТИ ПЕРЕКИДАННЯ КОЛІСНОЇ МАШИНИ  
З ВРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ПІДРЕСОРЕНИХ МАС

Запропонована методика оцінки поперечної стійкості колісної машини з врахуванням впливу її підресорених мас. Отримані результати можуть бути використані на машино- та автомобілебудівних підприємствах при проектуванні нових та модернізації колісних машин, які знаходяться в експлуатації.

Подригало М.А., Полянський А.С., Клец Д.М., Дубінін Е.А., Задорожня В.В.  
ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПРОТИВ ОПРОКИДЫВАНИЯ КОЛЕСНОЙ МАШИНЫ  
С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ПОДРЕССОРЕННЫХ МАСС

Предложена методика оценки поперечной устойчивости колесной машины с учетом влияния ее поддресоренных масс. Полученные результаты могут быть использованы на машино- и автомобилестроительных предприятиях при проектировании новых и модернизации находящихся в эксплуатации колесных машин.

Podrigalo M., Poljansky A., Klels D., Dubinin E., Zadorozhnja V.  
ESTIMATION OF WHEELED MACHINE STABILITY AGAINST KNOCKING OVER  
WITH INFLUENCE OF SPRUNG MASSES TAKING INTO ACCOUNT

The method to estimation of wheeled machine transversal stability with taking into account influence of its sprung masses is offered. The got results can be drawn on vehicle- and motor industry enterprises at planning of new and modernization of the being in exploitation wheeled machines.

---