

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

УДК 628.052.7; 629.054; 629.016; 629.018

¹**Коробко А.І., к.т.н.,** ²**Подригало М.А., д.т.н.,** ²**Назар'ко О.О., к.т.н.,** ²**Радченко Ю.А.**

¹Харківська філія Українського науково-дослідного інституту прогнозування і випробування технології і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого

²Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ КУТА ПОПЕРЕЧНОЇ СТАТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ КОЛІСНИХ МАШИН

В статті запропоновано удосконалений метод вимірювання кута поперечної статичної стійкості тягово-транспортних і причіпних сільськогосподарських машин. Застосування розробленого методу не потребує визначення координат центру мас машини і використання платформенних стендів, а передбачає лише вимірювання маси машини у горизонтальному положенні і під кутом при підйомі одного із бортів.

Ключові слова: стійкість поперечна, вимірювання, метод експериментально-аналітичний, кут стійкості, приріст маси.

Постановка проблеми. Однією з важливих властивостей транспортно-тягових (автомобіль, трактор) та причіпних сільськогосподарських машин є поперечна стійкість, яка характеризує здатність працювати на поперечних ухилах без перекидання. Поперечна стійкість положення оцінюється статичним кутом поперечного ухилу, на якому може стояти загальмована машина без перекидання.

В статті запропонований експрес-метод вимірювання кута поперечної стійкості машини, заснований на удосконаленні існуючих експериментально-аналітичних методів за рахунок зміни методики вимірювання і апаратного устатковання, що використовується при випробовуваннях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вимірювання показників поперечної статичної стійкості транспортно-тягових і причіпних сільськогосподарських машин регламентовано Технічними регламентами [1]. Оціночним показником поперечної статичної стійкості машини є кут поперечної статичної стійкості, методи визначення якого регламентовано ГОСТ 12.2.002 [2]. Існують три основних методи вимірювання кута поперечної статичної стійкості: інструментальний, математичного моделювання і дослідно-аналітичний. Випробування на платформенному стенді дають найбільш достовірні результати, оскільки проводяться в реальних умовах. Проте недоліком таких випробувань є те, що необхідно утримувати дороговартісне випробувальне устатковання і машину, що випробовується, необхідно доправляти до місця розташування стенду. А в нинішніх умовах випробувальні лабораторії декларують випробування на місці розташування замовника (поза межами випробувальної лабораторії). Метод математичного моделювання не завжди може дати достовірний результат, оскільки неможливо врахувати усі параметри при створенні моделі. Дослідно-аналітичні методи найбільш прийнятні в сучасних умовах. В роботах [3, 4] проведено детальний аналіз існуючих методів визначення показників поперечної статичної стійкості сільськогосподарських тягово-транспортних машин. Указано їх переваги і недоліки. Акцентовано увагу на тому, що дослідно-аналітичні методи вимірювання кута поперечної стійкості забезпечують необхідну точність проведення вимірювання. Проте в указаних роботах не наведено інформації щодо числових значень показників точності вимірювань дослідженого параметру.

Авторами в роботі [5] запропоновано дослідно-аналітичний метод визначення кута поперечної стійкості і запропоновано конструкцію мобільного стенду для його визначення. Проте, на нашу думку, такий стенд теж має недоліки. А саме те, що для його роботи необхідно мати окрему тягово-транспортну машину (в даному випадку трактор ЮМЗ-6) і причіп, на якому він розміщується в транспортному положенні. Математична модель об'єкту випробувань розглядається у виді кубу рівної густини, координати центру мас якого відомі.

Виділення невирішеної проблеми. Одним із способів оцінювання якості продукції є експрес-методи – прискорені методи, що забезпечують проведення дослідження в короткий термін. Експрес-методи засновані на тих же принципах, що і аналогічні стандартні методи випробувань. Проте вони дають змогу з найменшими затратами (в тому числі часовими) зробити висновок про відповідність або невідповідність об'єкту випробувань встановленим вимогам [6]. Існуючі стенді для визначення кута поперечної стійкості машин, не дивлячись на їхню мобільність, все ж потребують удосконалення в частині матеріалоємності, математичних

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

моделей випробувань і дослідження точності і достовірності результатів випробовувань.

Мета і постановка задач дослідження. Метою дослідження є удосконалення методу випробувань з визначення кута поперечної статичної стійкості колісних машин.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити задачу розробки математичної моделі випробувань з визначення кута поперечної статичної стійкості.

Результати дослідження. При розташуванні машини на поверхні з поперечним ухилом відбувається перерозподіл її ваги між бортами (рис. 1).

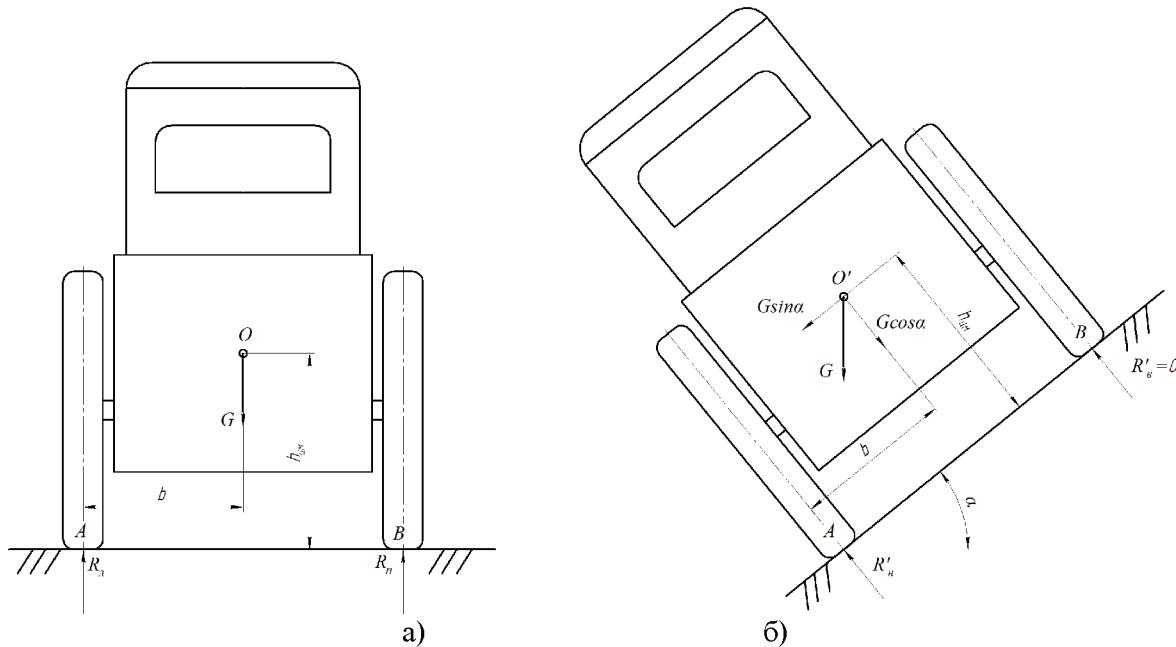


Рис. 1. Схема сил, що діють на машину на горизонтальній поверхні а) та на ухилі критичної величини б)

Вага машини перерозподіляється за лінійною залежністю. При досягненні кута ухилу, при якому вектор сили тяжіння буде проходити через точку опори, наступить момент «байдужої рівноваги», коли вся вага машини буде розподілена на борт, що знаходиться нижче за схилом (реакція розвантаженого борту буде дорівнювати нулю – див. рис. 1 б). Збурюючий момент буде створювати складова сили тяжіння $G \cdot \sin \alpha$ (рис. 1 б)

Закон перерозподілу ваги за бортами є індивідуальним для кожної машини і залежить від колії і координат центру мас. Вага машини, що доводиться на борт, при знаходженні її на поперечному ухилі з кутом α (рис. 2 а):

$$G_{\delta\alpha} = m_{\delta\alpha} g, \quad (1)$$

де $m_{\delta\alpha}$ – маса борту машини, виміряна при знаходженні її на поперечному ухилі з кутом α , кг;

$$m_{\delta\alpha} = m_\delta \pm \Delta m_\alpha, \quad (2)$$

m_δ – маса борту машини, виміряна при її горизонтальному розташуванні, кг; Δm_α – приріст маси борту машини при знаходженні її на поперечному ухилі з кутом α , кг. g – прискорення вільного падіння, $g=9,81 \text{ м/с}^2$.

У (2) знак «+» застосовується для борту, що знаходиться нижче за ухилом, знак «-» – вище за ухилом.

Залежність величини приросту маси від кута ухилу (у загальному випадку) буде мати вид показаний на рис. 2 б.

При поперечному ухилі з кутом α_1 , приріст маси борту, що знаходиться нижче за ухилом буде становити $+\Delta m_{\alpha_1}$. Відповідно при поперечному ухилі з кутом α_2 – $+\Delta m_{\alpha_2}$. Запишемо рівняння прямої в канонічному виді:

$$(\Delta m_{\alpha_1} - \Delta m_{\alpha_2})\alpha + (\alpha_2 - \alpha_1)\Delta m + (\alpha_1 \Delta m_{\alpha_2} - \alpha_2 \Delta m_{\alpha_1}) = 0, \quad (3)$$

де α – довільний кут поперечного ухилу машини; Δm – приріст маси борту машини, що знаходиться нижче за ухилом при куті поперечного ухилу α , кг.

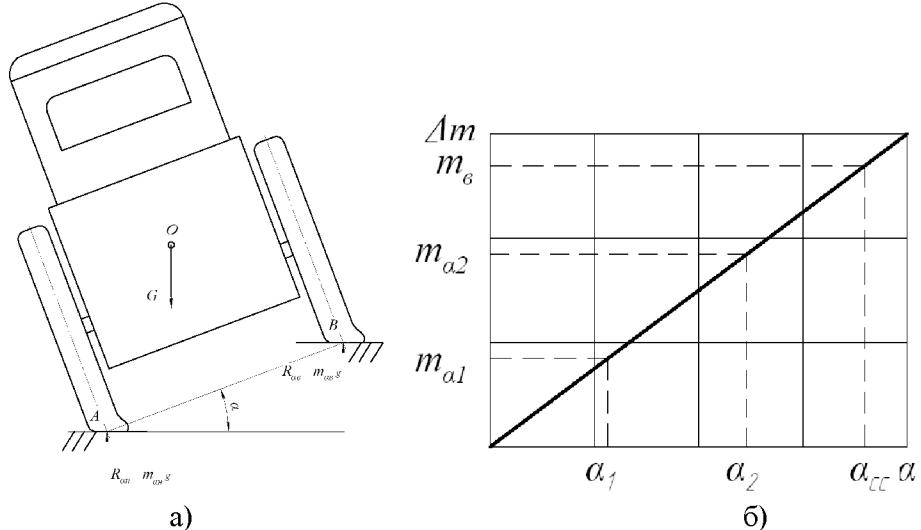


Рис. 2. Схема перерозподілу ваги машини по осіх а) і залежність величини приросту маси від кута ухилю б)

Максимальним значенням величини Δm (стан «байдужої рівноваги») буде значення маси борту машини розташованого вище за схилом, виміряне при горизонтальному положенні машини m_b . Кут поперечного ухилю α при цьому буде рівнятись куту поперечної статичної стійкості α_{cc} . З урахуванням вищесказаного із (3) знайдемо α_{cc} :

$$\alpha_{cc} = \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)m_b + (\alpha_1\Delta m_{\alpha_2} - \alpha_2\Delta m_{\alpha_1})}{\Delta m_{\alpha_2} - \Delta m_{\alpha_1}}. \quad (4)$$

Якщо зробити припущення, що кут $\alpha_1=0$, відповідно приріст маси машини буде становити $\Delta m_{\alpha_1}=0$, то вираз (4) спроститься

$$\alpha_{cc} = \frac{m_b}{\Delta m_{\alpha_2}} - \alpha_2. \quad (5)$$

Параметр $\frac{m_b}{\Delta m_{\alpha_2}}$ із збільшенням кута α змінюється в межах $[\infty; 1]$ і він може бути (на рівні з кутом поперечної статичної стійкості) оціночним показником поперечної статичної стійкості. При наближенні його значення до 1, машина наближається до стану «байдужої рівноваги».

Експрес-метод, який пропонується, засновано на тому, що об'єкт випробувань зважується окремо по бортах в горизонтальному положенні. При наявності нерівномірності розподілу маси по бортах, поперечна координата центру мас буде зсунута від центру у бік більш навантаженого борту. При перекиданні машини більш небезпечним (менший кут поперечної статичної стійкості) є випадок перекидання через більш навантажений борт. Потім зважується машина по бортах при підйомі менш навантаженого борту на довільний кут α . Розраховується значення приросту маси

$$\Delta m_{\alpha_2} = m_{\alpha_2} - m_b. \quad (6)$$

Вимірюється кут поперечного нахилу машини. За (5) розраховується кут поперечної статичної стійкості.

Для гарантованого виконання умови забезпечення поперечної стійкості і, відповідно, підвищення безпеки використання машини, результат вимірювання по (5) коригується з урахуванням похиби прямих вимірювань маси і кута (k_1) та поправки (k_2) на деформацію шин, підвіски, тощо, яка визначається на основі статистичних даних порівняння результатів випробувань на платформенному стенду і за запропонованим експрес-методом

$$\alpha_{cc}^* = k_1 k_2 \frac{m_b}{\Delta m_{\alpha_2}} - \alpha_2. \quad (7)$$

Висновки. Розроблений експериментально-аналітичний метод вимірювання кута поперечної статичної стійкості машини, порівняно з існуючими має переваги. А саме, не потрібно використовувати платформенні стенди і непотрібно розраховувати координати центру мас машини, відповідно зменшується похиба непрямих вимірювань. Окремого дослідження потребують питання введення поправки на метрологічну похибу і валідацію методу.

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Інформаційні джерела

1. Технічний регламент щодо складових частин і характеристик колісних сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів. – Затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2011 р. № 1368. Режим доступу [<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1368-2011-p>]
2. Система стандартов безопасности труда. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.2.019-86. — [Дата введения 01.07.87]. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2003. — 18 с. — (Межгосударственный стандарт).
3. Таркиевский В.Е. Стенд для определения угла поперечной статической устойчивости агрегата // В.Е. Таркиевский, Н.А. Лапшин // Техника и оборудование для села : информационный и научно-производственный журнал. – 2011. – № 11 (173). –С. 26-27.
4. Лапшин Н.А. Обзор методов и средств определения поперечной статической устойчивости / Лапшин Н.А., Дьяченко Р.А. // II Международная научно-практическая конференция молодых ученых посвященная 51-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос филиала Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. Профессора Н. Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 12 апреля 2012 г.: сборник научных статей. – Краснодар, 2012. – С. 236-240.
5. Таркивский В.Е. Конструкция мобильного стенда для определения угла поперечной статической устойчивости агрегатов / Таркивский В.Е., Лапшин Н.А. // Техника и оборудование для села. – 2012. – № 5. – С. 22-23.
6. Техническая диагностика тракторов и зерноуборочных комбайнов / Под общ. ред. В.М. Михлина. – М. : Колос, 1978. – 287 с.

¹Коробко А.И., к.т.н., ²Подригало М.А., д.т.н.;²Назарько О.А., к.т.н. ²Радченко Ю.А.

¹Харьковский филиал Украинского научно-исследовательского института прогнозирования и испытаний техники и технологий для сельскохозяйственного производства им. Л. Погорелого

²Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ УГЛА ПОПЕРЕЧНОЙ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЕСНЫХ МАШИН

В статье предложен усовершенствованный метод измерения угла поперечной статической устойчивости тягово-транспортных и прицепных сельскохозяйственных машин. Использование разработанного метода не требует определения координат центра масс машины и использования платформенных стендов, а предусматривает лишь измерение массы машины в горизонтальном положении и под углом при подъеме одного из бортов.

Ключевые слова: устойчивость поперечная, измерение, метод экспериментально-аналитический, угол устойчивости, приращение массы.

¹A. Korobko., ²M. Podrigalo, ²O. Nazarko, ²Yu. Radchenko

¹“Leonid Pogorilyy Ukrainian Scientific Research Institute of Forecasting and Testing of Machinery and Technologies for Agricultural Production” Kharkiv branch

²Kharkiv national automobile and highway University

METHOD OF MEASURING ANGLE OF LATERAL STATIC STABILITY EXPERIMENTAL AND ANALYTICAL OF WHEELED VEHICLE

The paper proposed an improved method for the measurement of the angle of transverse static stability of the traction vehicle and towed agricultural machines. Using the developed method does not require determining the coordinates of the center of mass of the machine, use the platform stands. Provides for the mass measurement of the machine in a horizontal position and at an angle while lifting one of the sides

Keywords: lateral stability, measurement, method experimental and theoretical, stability angle, the increase of mass.