

ОБГРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО СТЕНДА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КУТА ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ МАШИН

Коробко А., канд. техн. наук, доц.,
e-mail: ak82andrey@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6618-7790>
Харківська філія ДНУ «УкрНДІПВТ імені Леоніда Погорілого»

Анотація

Мета дослідження. Удосконалення методу послідовного зважування для визначення кута поперечної стійкості машини обґрунтуванням вимог до конструкції стенда й оцінка його метрологічних характеристик.

Методи дослідження. Моделювання процесу випробувань.

Результати дослідження. В умовах неухильного зростання вимог до якості і безпеки технічних пристроїв постійно зростають вимоги до якості випробувальних стендів і комплексів. Також підвищуються вимоги до способів оцінювання якості випробувальних стендів, бо від цього залежить достовірність результатів випробувань і прийняття відповідних рішень щодо придатності виробів. Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машин методом послідовного зважування в своїй конструкції повинен містити майданчики для зважування машин окремо за бортами, один вимірювач кута нахилу машини у поперечній площині, а вимірювання кута поперечної стійкості машини і зменшення похибки його вимірювання повинно здійснюватись за методом послідовного зважування. За прототип взято експериментально-аналітичний метод вимірювання кута поперечної стійкості машини: послідовне зважування машини у горизонтальному і нахиленому на один борт положенні; за спеціальною таблицею визначається кут поперечної стійкості машини. Розглянуто методи і конструкції стендів для вимірювання кута поперечної стійкості машин. Запропоновано конструкцію випробувального стенда. Обґрунтовано вимоги до його основних параметрів і характеристик. Обґрунтовано механізм формування результату вимірювання, зокрема і похибки (невизначеності) вимірювання. Компактність і простота конструкції стенда дають змогу використовувати його як для наукових, так і навчальних потреб.

Висновки. Запропонований стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машин підвищує безпеку випробувань завдяки відсутності необхідності підйому машини на критичний кут, утримання машини у піднятому положенні, забезпечує оперативність проведення випробувань завдяки скороченню трудомісткості виконання робіт з випробувань, забезпечує підвищення точності вимірювання кута поперечної стійкості машини завдяки відсутності необхідності розрахунку координати положення центра мас машини.

Ключові слова: кут поперечної стійкості, випробувальний стенд, послідовне зважування, зважування за бортами, випробування.

Постановка проблеми. В умовах неухильного зростання вимог до якості і безпеки технічних пристроїв постійно зростають вимоги до якості випробувальних стендів і комплексів. Також підвищуються вимоги до способів оцінювання якості випробувальних стендів, бо від цього залежить достовірність результатів випробувань і прийняття відповідних рішень щодо придатності виробів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Оціночним показником поперечної статичної стійкості машини є кут поперечної статичної стійкості, методи визначення якого регламентовано ГОСТ 12.2.002 [1]. Проте, відповідно до національної політики у сфері стандартизації, нормативний документ [1] був відмінений з 01.01.2018 р. без заміни [2]. Існують три основних методи вимірювання кута поперечної статичної стійкості: інструментальний, математичного моделювання і дослідно-аналітичний.

Випробування на платформному стенді дають найбільш достовірні результати, оскільки проводяться в реальних умовах [3]. Недоліком такого стенда є те, що можливі випадки, коли габаритні розміри машини перевищують розміри робочої площини стенда; значні енергетичні, матеріальні і трудові затрати на придбання і монтаж стенда, установку і закріплення машини, безпосереднє проведення випробувань; випробування на стенді належать до категорії робіт з підвищеною небезпекою.

Метод математичного моделювання не завжди може дати достовірний результат, оскільки неможливо врахувати усі параметри під час створення моделі. Дослідно-аналітичні методи найбільш прийнятні в сучасних умовах. В роботах [4, 5] проведено детальний аналіз наявних методів визначення показників поперечної статичної стійкості сільськогосподарських тягово-транспортних машин. Указано їх переваги і недоліки. Проте в цих роботах не наведено інформації щодо числових значень показників точності вимірювань досліджуваного параметра.

Авторами в роботі [6] запропоновано дослідно-аналітичний метод визначення кута поперечної стійкості і запропоновано конструкцію мобільного стенда 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 (у цьому випадку трактор ЮМЗ-6) і причіп, на якому він розміщується в транспортному положенні. Математична модель об'єкту випробувань розглядається як куб рівної густини, координати центра мас якого відомі.

Автором у роботі [7] запропоновано експериментально-аналітичний метод вимірювання кута поперечної стійкості машини. Суть методу полягає в послідовному зважуванні машини у горизонтальному і нахиленому на один борт положенні. Потім за спеціальною авторською методикою і за спеціальною таблицею визначається кут поперечної стійкості машини. Але в роботі [7] немає роз'яснення щодо

інструментального забезпечення запропонованого способу випробувань, характеристик похибок і невизначеності вимірювання.

У роботах закордонних учених [8], [9] запропоновано критерії оцінювання стійкості трактора залежно від різних факторів.

Мета і постановка задач дослідження. Метою дослідження є удосконалення методу послідовного зважування під час визначення кута поперечної стійкості машини обґрунтуванням вимог до конструкції стенда і оцінюванням його метрологічних характеристик.

Виклад основного матеріалу. Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машин методом послідовного зважування в своїй конструкції повинен містити майданчики для зважування машин окремо за бортами в горизонтальному і нахиленому на один бік положенні, а вимірювання кута поперечної стійкості машини і зменшення похибки його вимірювання повинно здійснюватись за методом послідовного зважування.

На рисунку 1 показано (схематично) загальний вигляд конструкції стенда для випробувань з визначення кута поперечної стійкості машин, які рухаються, методом послідовного зважування. Він містить чотири майданчики 1, 2, 3, 4, на кожному з яких розміщено контактну поверхню з платформними вагами, вимірювач кута поперечного нахилу машини 5 (наприклад акселерометр), блок керування стендом 6 із засобами обробки і візуалізації інформації, вертикальний виступ 7 з можливістю в'їзду на нього і з'їзду з нього, напрямні стенда 8, 9 з обмежувальними бортиками безпеки, по яких рухається машина. Платформні ваги, розташовані на майданчиках 1, 2, 3, 4 і вимірювач кута поперечного нахилу машини 5 з'єднані з блоком керування стендом 6 вимірювальними каналами. Стрілка указує напрямок руху машини під час випробування. Лінія *A-A* - початкова позиція машини під час випробування. Лінія *B-B* - положення машини після випробувань. *B* - відстань між центрами напрямних стенда 8 і 9; *B1*

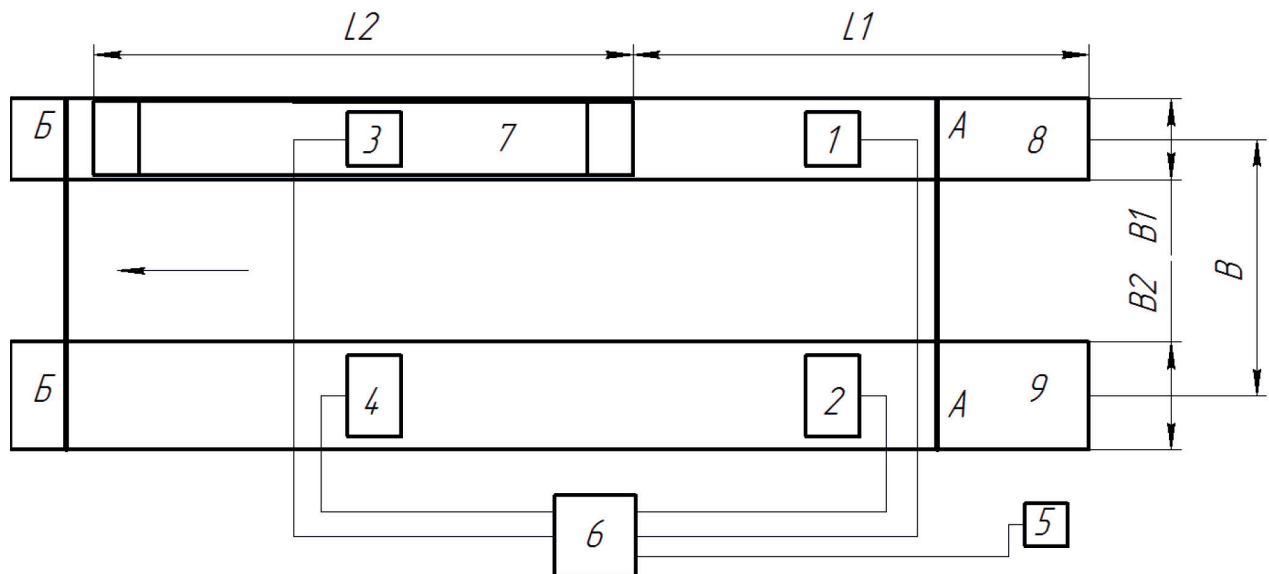


Рисунок 1 – Схема конструкції стенда для вимірювання кута поперечної стійкості машини

і $B2$ – ширина напрямних стенда 8 і 9, відповідно; $L1$ – довжина ділянки стенда для зважування машини у горизонтальному положенні; $L2$ – довжина ділянки стенда для зважування машини у нахиленому положенні.

Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машини, які рухаються, методом послідовного зважування працює так.

Випробовувана машина встановлюється на напрямні 8 і 9 передніми колесами біля лінії А-А. На машину встановлюється вимірювач кута поперечного нахилу машини 5. Вмикається стенд. Вибирається тип машини: без підвіски, балансира підвіска, із шарнірно-складеною рамою, автомобіль, машина з однією віссю. Вимірюється кут α_1 . Калібрується вимірювач кута поперечного нахилу 5 ($\alpha_1=0$). Машина починає рух. У момент наїзду машини колесами передньої осі на майданчики 1 і 2, вимірювальна система фіксує результат зважування передньої осі окремо по бортах m_{11} і m_{21} , відповідно. Машина продовжує рух. У момент наїзду машини колесами задньої осі на майданчики 1 і 2, вимірювальна система фіксує результат зважування задньої осі окремо по бортах m_{12} і m_{22} . Вимірювальна система розраховує масу бортів машини m_{10} і m_{20} . Машина продовжує рух і колесами одного борту виїжджає на вертикальний виступ

7. Вимірювальна система фіксує результат вимірювання кута нахилу машини в поперечній площині α_2 вимірювачем кута поперечного нахилу 5. У момент наїзду машини колесами передньої осі на майданчики 3 і 4 вимірювальна система фіксує результат зважування передньої осі окремо по бортах m_{31} і m_{41} , відповідно. Машина продовжує рух. У момент наїзду машини колесами задньої осі на майданчики 3 і 4 вимірювальна система фіксує результат зважування задньої осі окремо по бортах m_{32} і m_{42} відповідно. Машина продовжує рух до лінії Б-Б. Вимірювальна система розраховує масу бортів машини у нахиленому положенні $m_{1\alpha}$ і $m_{2\alpha}$, граничне значення кута поперечної стійкості машини α_{cc} за авторською методикою, проводиться оцінювання стабільності результатів вимірювання та розраховується невизначеність $U_{\alpha cc}$ і похибка $\Delta_{\alpha cc}$ вимірювання кута поперечної стійкості машини. З машини знімається вимірювач кута поперечного нахилу 5. Друкується звіт за результатами випробувань. Вимикається стенд.

Розміри стенда B , $B1$, $B2$ вибираються залежно від ширини коліи і ширини коліс номенклатури випробовуваних машин. Розміри $L1$ і $L2$ вибираються залежно від довжини колісної бази номенклатури випробовуваних машин. Висота вертикального виступу 7 вибирається в межах 15-30

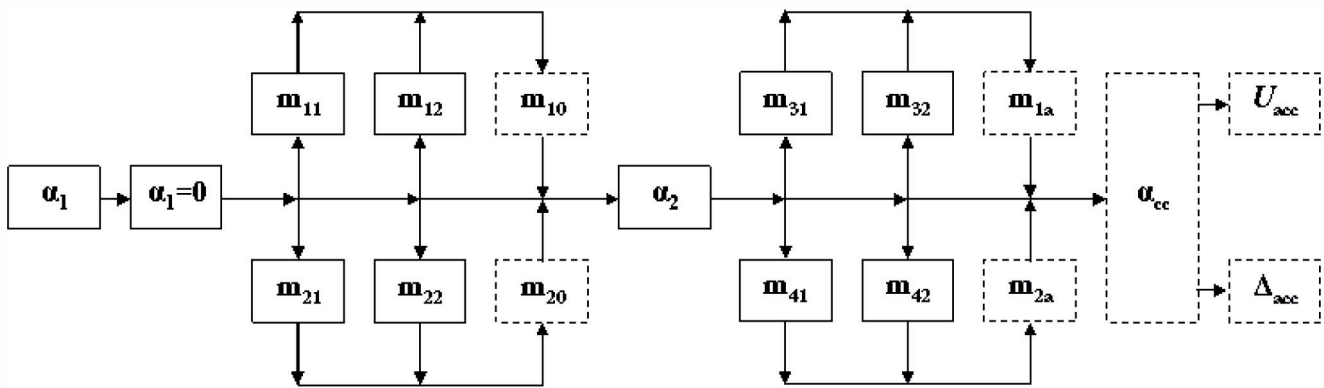


Рисунок 2 – Алгоритм вимірювання кута поперечної стійкості машини і формування метрологічних характеристик

см і залежить від ширини колії номенклатури випробовуваних машин.

На рисунку 2 показано алгоритм вимірювання кута поперечної стійкості машини. α_1 - кут нахилу машини в початковий момент; m_{11} - маса машини, яка припадає на переднє колесо правого борту, виміряна на майданчику 1; m_{21} - маса машини, яка припадає на переднє колесо лівого борту, виміряна на майданчику 2; m_{12} - маса машини, яка припадає на заднє колесо правого борту, виміряна на майданчику 1; m_{22} - маса машини, яка припадає на заднє колесо лівого борту, виміряна на майданчику 2; α_2 - кут нахилу машини під час її в'їзду колесами одного борту на вертикальний виступ 7; m_{31} - маса машини, яка припадає на переднє колесо правого борту, виміряна на майданчику 3; m_{41} - маса машини, яка припадає на переднє колесо лівого борту, виміряна на майданчику 4; m_{32} - маса машини, яка припадає на заднє колесо правого борту, виміряна на майданчику 3; m_{42} - маса машини, яка припадає на заднє колесо лівого борту, виміряна на майданчику 4; $m_{1\alpha}$ - маса правого борту машини виміряна у нахиленому положенні; $m_{2\alpha}$ - маса лівого борту машини, виміряна у нахиленому положенні; α_{cc} - кут поперечної стійкості машини; U_{acc} - невизначеність вимірювання кута поперечної стійкості машини; Δ_{acc} - похибка вимірювання кута поперечної стійкості машини. Сектори позначені неперервними лініями – прямі вимірювання. Сектори позначені штриховими лініями – непрямі вимірювання.

Висновки. Запропонований стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машин підвищує безпеку випробувань завдяки відсутності необхідності підйому машини на критичний кут, утримування машини у піднятому положенні, забезпечує оперативність проведення випробувань завдяки скороченню трудомісткості виконання робіт з випробувань, забезпечує підвищення точності вимірювання кута поперечної стійкості машини завдяки відсутності необхідності розрахунку координати положення центра мас машини, забезпечує контроль стабільності результатів вимірювань завдяки порівнянню, отриманих за різними модельними рівняннями вимірювання. Технічний результат досягається завдяки використанню у конструкції стенда майданчиків з платформними вагами, одного вимірювача кута поперечного нахилу і вертикального виступу, які забезпечують послідовне вимірювання маси бортів машини у горизонтальному і нахиленому положенні і відсутність необхідності у визначенні координати центра мас машини.

Література

- ГОСТ 12.2.019-86 Система стандартів безпеки труда. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности. М. : ИПК Издательство стандартов, 2003. 18 с.
- Департамент Технічного регулювання Міністерства економіки та торгівлі України.

(2016). Застосування стандартів, у тому числі в зв'язку зі скасуванням у 2015 році міждержавних стандартів (ГОСТ). Стандартизація, сертифікація, якість. Науково-технічний журнал. 2(99). 3-6.

3. А. с. СССР 750316. Стенд для определения поперечной устойчивости транспортного средства. Опубликовано 23.07.80. Бюллетень № 27

4. Таркиевский В. Е., Лапшин Н. А. Стенд для определения угла поперечной статической устойчивости агрегата. Техника и оборудование для села : информационный и научно-производственный журнал. 2011. 11(173). 26-27.

5. Лапшин Н. А., Дьяченко Р. А. Обзор методов и средств определения поперечной статической устойчивости. 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. 2012. 236-240.

6. Таркиевский В. Е., Лапшин Н. А. Конструкция мобильного стенда для определения угла поперечной статической устойчивости агрегатов. Техника и оборудование для села. - 2012. 5. 22-23.

7. Удосконалення методу вимірювання кута поперечної стійкості мобільних і причіпних машин. Зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України., Дослідницьке. 2017. № 21 (35). С. 149-154.

8. Worthington W. H. Evaluation of factors affecting the operating stability of wheel tractors. Agriculture Engineering. 1949. Vol.30. P. 3-4.

9. Sack Hans W. Longitudinal Stability of Tractors. Agriculture Engineering. 1956. Vol.1062. P. 12-14.

Literature

1. GOST 12.2.019-86. (22003). Occupational safety standards system. Tractors and agricultural machinery. General safety requirements. 18.

2. Department of Technical Regulation of the Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine. (2016). Application of standards, including in connection with the abolition of intergovernmental standards (GOST). Standardization, certification, quality. Scientific and Technical Journal. 2(99), 3-6.

3. А. с. USSR 750316. (1980). A bench for determining the lateral stability of a vehicle.

4. Tarkievskij, V. E., & Lapshin, N. A. (2011). Stand for determination of the angle of the transverse static stability of the aggregate. The technique and equipment for the village: information and scientific-production magazine, 11(173). 26-27.

5. Lapshin, N. A., & D'jachenko, R. A. (2012) Review of methods and tools for determining transverse static stability. II International Scientific and Practical Conference of Young Scientists devoted to the 51st anniversary of the flight of Yu. A. Gagarin into space Branch of the Military Training and Scientific Center of the Air Force «Air Force Academy». Professors N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin». 236-240.

6. Tarkivskij, V. E., & Lapshin, N. A. (2012). Construction of a mobile stand for determining the angle of transverse static stability of aggregates. Engineering and equipment for the village. 5, 22-23.

7. Lebedev, S., Korobko, A., Myasushka, M., & Kozlov, Y. (2017). Improvement of the method of measuring the shear angle of mobile and towed machines. Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for agricultural production in Ukraine. Collection of Scientific Papers, 21 (35), 149-154.

8. Worthington W. H. (1949). Evaluation of factors affecting the operating stability of wheel tractors. Agriculture Engineering. Vol.30. P. 3-4.

9. Sack Hans W. (1956). Longitudinal Stability of Tractors. Agriculture Engineering. Vol.1062. P. 12-14.

Literatura

1. HOST 12.2.019-86 Systema standartov bezopasnosti truda. Traktory y mashyny samokhodnye selskokhozyaystvennyye. Obshchye trebovaniya bezopasnosti. M. : YPK Yzdatelstvo standartov, 2003. 18 s.

2. Departament Tekhnichnoho rehulyuvannya Minekonomrozvytku i torhivli Ukrainy. (2016). Zastosuvannya standartiv, u tomu chysli v zvyazku zi skasuvannyam u 2015 rotsi mizhderzhavnykh standartiv (HOST). Standartyzatsiya, sertyfikatsiya, yakist. Naukovo-tekhnichnyy zhurnal. 2(99). 3-6.

3. A. s. SSSR 750316. Stend dlya opredeleniya poperechnoy ustoychivosti transportnoho sredstva. Opublykovo 23.07.80. Byulleten № 27

4. Tarkyevskyy V. E., Lapshyn N. A. Stend dlya opredeleniya uhla poperechnoy statycheskoy ustoychivosti ahrehata. Tekhnika y oborudovanye dlya sela : ynformatsionnyy y nauchno-proyzvodstvennyy zhurnal. 2011. 11(173). 26-27.

5. Lapshyn N. A., Dyachenko R. A. Obzor metodov y sredstv opredeleniya poperechnoy statycheskoy ustoychivosti. II Mezhdunarodnaya nauchno-praktycheskaya konferentsiya molodykh uchenykh posvyash-

chennaya 51-y hodovshchyne poleta YU. A. Haharyna v kosmos fylyala Voennoho uchebno-nauchnoho tsentra Voennovo-vozdushnykh syl «Voennovo-vozdushnaya akademyya ym. Professora N. E. Zhukovskoho y YU. A. Haharyna», 12 aprelya 2012 h. : sbornyk nauchnykh statey. 2012. 236-240.

6. Tarkyvsyy V. E., Lapshyn N. A. Konstruktsiya mobylnoho stenda dlya opredeleniya uhla poperechnoy statycheskoy ustoychivosti ahrehatov. Tekhnika y oborudovanye dlya sela. 2012. 5. 22-23.

7. Korobko A. I. Udoskonalennya metodu vymiryuvannya kuta poperechnoyi stiykosti mobil'nykh i prychipnykh mashyn / S. Lebedyev, A. Korobko, M. Myasushka, Yu. Kozlov. Tehniko-tehnologichni aspekty rozvytku ta viprobuvannya novoï tehniki i tehnologiy dlja sil's'kogospodars'kogo virobnictva Ukraïni. Zbirnik naukovih prac'. 2017. № 21 (35). S. 149-154.

8. Worthington W. H. Evaluation of factors affecting the operating stability of wheel tractors. Agriculture Engeneering. 1949. Vol.30. P. 3-4.

9. Sack Hans W. Longitudinal Stability of Tractors. Agriculture Engeneering. 1956. Vol.1062. P. 12-14.

UDC 629.017:006.8

STANDARD REQUIREMENTS FOR DETERMINING ANGLE TRANSFER ANGLE

Korobko A., Ph. D., Associate Professor,
e-mail: ak82andrey@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6618-7790>
Kharkiv branch of L. Pogorilyy UkrNDIPVT

Summary

Purpose of the study. *The aim of the study is to improve the method of successive weighing when measuring the lateral stability of the machine by justifying the requirements for the design of the stand and evaluating its metrological characteristics.*

Research methods. *Test process simulation.*

The results of the study. *In the conditions of steady growth of requirements to the quality and safety of technical devices, the requirements to the quality of test benches and complexes are constantly growing. Also requirements to methods of an estimation of quality of test benches as the*

reliability of test results and acceptance of corresponding decisions on the suitability of products depend on it. The bench for measuring the lateral stability of machines by the method of successive weighing in its design must contain the platforms for weighing the machines separately along the sides, one measuring the angle of inclination of the machine in the transverse plane, and measuring the angle of the transverse stability of the machine and reducing the error of its measurement should be done by the method of successive weighing. For the prototype, an experimentally-analytical method for measuring the transverse stability of a machine is taken: successive weighing of the machine in a horizontal and inclined position on one side; Using the special table, the transverse stability of the machine is determined. The methods and designs of stands for measuring the transverse stability of machines are considered. The design of the test bench is proposed. The requirements to its main parameters and characteristics are justified. The mechanism of the formation of the measurement result, including the measurement uncertainty (uncertainty), is justified.

Conclusions. Compact and simple design of the stand allows its use in both scientific and educational purposes. The proposed stand for measuring the transverse stability of machines increases the safety of the tests due to the absence of the need for lifting the machine at a critical angle, the machine's content is raised, ensures the speed of testing by reducing the laboriousness of performing the tests; it provides an increase in the accuracy of measuring the transverse stability of the machine due to there is no need to calculate the coordinate of the position of the center of mass of the machine.

Keywords: Angle of lateral stability, Test stand, Consecutive weighing, Weighing on sides, Tests.

УДК 629.017:006.8

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К СТЕНДУ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МАШИН

Коробко А., канд. тех. наук, доц.,

e-mail: ak82andrey@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6618-7790>

Хрьковский филиал ГНУ «УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого»

Аннотация

Цель исследования. Усовершенствование метода последовательного взвешивания при измерении угла поперечной устойчивости машины путем обоснования требований к конструкции стенда и оценки его метрологических характеристик.

Методы исследования. Моделирование процесса испытаний.

Результаты исследования. В условиях неуклонного роста требований к качеству и безопасности технических устройств постоянно растут требования к качеству испытательных стендов и комплексов. Также повышаются требования к способам оценки качества испытательных стендов, так как от этого зависит достоверность результатов испытаний и принятие соответствующих решений по годности изделий. Стенд для измерения угла поперечной устойчивости машин методом последовательного взвешивания в своей конструкции должен содержать площадки для взвешивания машин отдельно по бортам, один измеритель угла наклона машины в поперечной плоскости, а измерения угла поперечной устойчивости машины и уменьшения погрешности его измерения должны осуществляться по методу последовательного взвешивания. За прототип взят

экспериментально-аналитический метод измерения угла поперечной устойчивости машины: последовательное взвешивание машины в горизонтальном и наклонном на один борт положении; с использованием специальной таблицы определяется угол поперечной устойчивости машины. Рассмотрены методы и конструкции стендов для измерения угла поперечной устойчивости машин. Предложена конструкция испытательного стенда. Обоснованы требования к его основным параметрам и характеристикам. Обоснован механизм формирования результата измерения, в том числе и погрешности (неопределенности) измерения. Компактность и простота конструкции стенда позволяют использовать его как в научных, так и в учебных целях.

Выводы. Предложенный стенд для измерения угла поперечной устойчивости машин повышает безопасность испытаний за счет отсутствия необходимости подъема машины на критический угол, удержания машины в поднятом положении, обеспечивает оперативность проведения испытаний за счет сокращения трудоемкости выполнения испытательных работ, обеспечивает повышение точности измерения угла поперечной устойчивости машины за счет отсутствия необходимости расчета координаты положения центра масс машины.

Ключевые слова: угол поперечной устойчивости, испытательный стенд, последовательное взвешивание, взвешивание по бортам, испытания.