

УДК 004.051

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ПОПЕРЕЧНОЙ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНОГО СТЕНДА И ПРОГРАММЫ «УСТОЙЧИВОСТЬ»

Лапшин Н. А., Дьяченко Р. А., Решетняк М. Г.

*ФГБОУ ВПО Кубанский Государственный Технологический Университет, Краснодар
Россия (350072, г. Краснодар, ул. Московская 2А) micresh@gmail.com*

Проведено исследование по определению угла статической устойчивости при помощи мобильного стенда, представлен алгоритм функционирования программного обеспечения «Устойчивость», обоснована необходимость применения мобильного стенда и его преимущества, проведен анализ функционирования программного обеспечения, рассмотрены два основных метода измерения угла статической устойчивости, используемые при определении угла статической устойчивости, предполагающие различные подходы к экспериментальному определению угла статической устойчивости. Представлен анализ различий между мобильными и стационарными стендами для определения угла статической устойчивости, демонстрирующий преимущество применения мобильных стендов, приведен перечень основных параметров, при определении угла статической устойчивости, рассмотрена модель представления транспортного средства в общих характеристиках, представлен полный анализ необходимых численных характеристик, определяющих метод определения угла поперечной статической устойчивости автотранспортных средств.

Ключевые слова: мобильный стенд, угол статической устойчивости.

STATIC STABILITY ANGLE DEFINITION WITH MOBILE STAND AND “STABILITY SOFTWARE”

Lapshin N. A., Djachenko R. A., Reshetnyak M. G.

Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia (350072, Krasnodar, Moskovskaya street, 2A) micresh@gmail.com

A study to determine the angle of static stability with a mobile stand, the algorithm of the functioning of the software "Sustainability", the necessity of a mobile stand and its benefits, the analysis of the functioning of the software, we consider two basic methods for measuring the angle of static stability used to determine the angle of the static stability, suggesting different approaches to the experimental determination of the angle of static stability, the analysis of the differences between mobile and stationary stands to determine the angle of static stability, demonstrate the advantage of using mobile stands, is a list of key parameters, the angle is determined angle of static stability, the model of representation vehicle characteristics in common, a complete analysis of the necessary numerical characteristics that determine the method of determining the angle of static lateral stability of vehicles.

Key words: mobile stand, static stability angle.

В настоящее время существуют два основных метода определения угла поперечной статической устойчивости. Первый и наиболее распространенный метод, использующийся при проведении испытаний автотранспортных средств, для определения угла поперечной статической устойчивости, – метод, основанный на применении стационарных стендов определения угла поперечной статической устойчивости.

Второй метод определения угла поперечной статической устойчивости основан на применении методики расчета и виртуального моделирования.

Оба этих метода имеют ряд недостатков, поэтому были разработаны мобильный стенд, позволяющий наклонить испытуемый образец на угол до 15° (рис. 1) и программа «Устойчи-

вость», предназначенная для обработки данных с датчиков и расчета угла поперечной статической устойчивости.



Рисунок 1. Мобильный стенд для определения угла поперечной статической устойчивости

Для наглядности решения поставленной задачи воспользуемся методами аналогии и подобия и дополнительно упростим рассматриваемую модель. Представим тело в виде куба равной плотности, координаты центра масс которого известны.

На рисунке 2 изображена проекция куба на фронтальную плоскость. Точками А, В, L и E изображены ребра куба, перпендикулярные фронтальной плоскости, отрезками АВ, AL, BE, LE – грани куба, перпендикулярные фронтальной плоскости. С – проекция центра масс на соответствующую плоскость.

Повернем куб вокруг ребра А против часовой стрелки на некоторый угол α , в этом случае проекция ABEL займет новое положение $AB_1E_1L_1$, а центр масс переместится в точку C_1 .

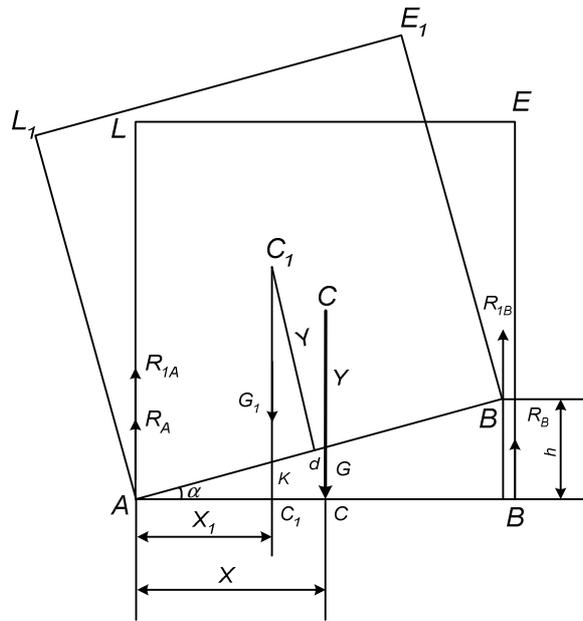


Рисунок 2. Проекция куба на фронтальную плоскость

Так как модель может быть представлена в виде геометрической фигуры с массой, сосредоточенной в точке С (центр масс), то соответственно сила тяжести – G куба будет приложена к точке С и направлена вдоль оси ординат «вниз». При повороте куба линия действия силы G будет приближаться к линии действия силы реакции опоры, обозначенной на рисунке R_a . В момент совпадения линий действия этих двух сил тело теряет устойчивость, а угол наклона является критическим α_k . Он характеризует запас устойчивости данного тела с его конфигурацией и распределением масс при вращении его вокруг ребра А. Как видно из рисунка, при $\alpha = \alpha_k$, где α_k на рисунке 2.

$$\frac{Y}{X} = \text{ctg}(\alpha_k) \rightarrow \alpha_k = \text{arcctg}\left(\frac{Y}{X}\right) \quad (1)$$

где X и Y – координаты центра масс С.

Выразим X и Y через параметры, определяемые экспериментальным путем в ходе испытаний: G , R_b , R_{1b} , h или α . В горизонтальном положении конструкции определяются G , R_b и AB . Из условия равновесия – равенства моментов относительно точки А нулю $\sum M_A = 0$ получим $GX - R_b \cdot AB = 0$.

Следовательно:

$$X = AB \left(\frac{R_b}{G} \right), \quad (2)$$

где R_b – реакция опоры в точке В, G – масса куба,

X – расстояние от точки А до проекции центра тяжести куба в горизонтальном положении.

Повернем конструкцию вокруг ребра А против часовой стрелки на некоторый угол $\alpha < 0,5\alpha_k$ и определим экспериментальным путем R_{1b} и α или h . Из условия равновесия относительно точки А в этом положении запишем:

$$X_1 = AB_1 \left(\frac{R_{1b}}{G} \right) \quad (3)$$

где R_{1b} – реакция опоры в точке B_1 ,

X_1 – расстояние от точки А до проекции центра тяжести куба, наклоненного на угол α .

Координата центра масс $Y = kd \cdot ctg \alpha$ или

$$Y = \left(X - X_1 / \cos \alpha \right) \cdot ctg \alpha \quad (4)$$

Подставив в (4) X и X_1 из (2) и (3), получим:

$$Y = AB \cdot \frac{R_b}{G} \cdot ctg \alpha - AB_1 \frac{R_{1b}}{G \sin \alpha}$$

Так как $ctg \alpha = \frac{AB_1}{h}$ и $\sin \alpha = \frac{h}{AB}$, то $Y = AB \left(\frac{R_b}{G} \right) \left(\frac{AB_1}{h} \right) - AB_1 \left(\frac{AB}{h} \right) \left(\frac{R_{1b}}{G} \right)$

или $Y = AB \cdot AB_1 \frac{(R_b - R_{1b})}{G \cdot h}$ (5)

где h – высота, на которую поднята точка В.

Определим угол статической устойчивости, подставив в (1) координаты центра масс (2) и, учитывая выражение (5), получим:

$$\alpha_k = arcctg \left(\frac{AB_1 \cdot (R_b - R_{1b})}{R_b \cdot h} \right) \quad (6)$$

Угол статической устойчивости α° , при определении экспериментальным путем, вычисляют по формуле:

$$\alpha_k = arcctg \left(\frac{ctg \alpha \cdot (R_b - R_{1b})}{R_b} \right), \quad (7)$$

где R_b – реакция опоры в точке В,

R_{1b} – реакция опоры в точке B_1 .

На основании расчетов для управления мобильным стендом была разработана программа «Устойчивость».

Программа «Устойчивость» (рис. 3) позволяет получать данные с блока управления грузоприемными платформами, датчиков угла наклона, аварийных концевых выключателей, обработки и сохранения этих данных, а также управлять гидростанцией для обеспечения наклона испытуемого образца на заданный угол с помощью гидравлических цилиндров.

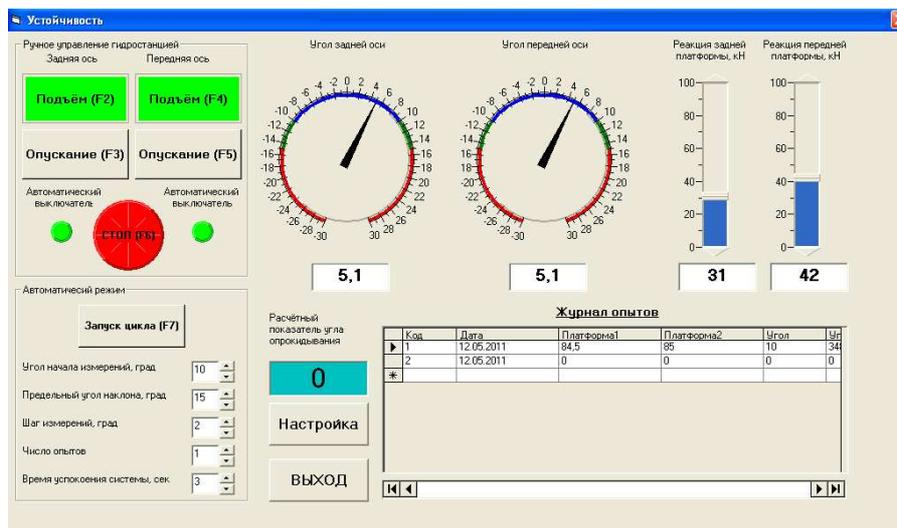


Рисунок 3. Главное окно программы «Устойчивость»

Программа «Устойчивость» дает возможность проводить определение угла поперечной статической устойчивости, как в ручном, так и в автоматическом режиме.

В ручном режиме оператор производит наклон испытуемого объекта с помощью кнопок «Подъем задней оси (F2)» и «Подъем передней оси (F4)». Контроль над значением угла наклона осуществляется визуально по стрелочным индикаторам или по числовым значениям угла наклона, отображаемым под стрелочными индикаторами каждой оси.

Прекращение наклона испытуемого образца производится нажатием кнопки «СТОП (F6)».

В правой части экрана отображается реакция грузоприемных платформ, расположенных под опорными колесами. После нажатия кнопки «СТОП (F6)» компьютер отсчитывает заданное время успокоения системы, считывает показания датчиков угла наклона, значение реакции грузоприемных платформ и производит вычисление расчетного угла опрокидывания. Значение расчетного угла выводится на экран компьютера после каждой фиксации показаний датчиков и грузоприемных платформ. После чего опыт можно продолжить.

При достижении предельного угла подъема испытуемого образца (но не более 15°), можно продолжить опыт при уменьшении угла наклона или можно просто опустить испытуемый агрегат в исходное положение.

Перед запуском автоматического режима выполнения измерений необходимо установить:

- угол начала измерений;
- предельный угол наклона;
- шаг угла измерений;
- число опытов;
- время успокоения системы после прекращения движения гидравлических цилиндров.

Начало работы в автоматическом режиме начинается после нажатия кнопки «Запуск цикла (F7)». Стенд под управлением компьютера начнет автоматически выполнять заданную программу испытаний:

- в горизонтальном положении фиксируются показания грузоприемных платформ, находящихся под передним и задним колесами опорной стороны;
- гидроцилиндры одновременно наклоняют испытуемый объект до тех пор, пока не будет достигнут заданный начальный угол наклона (во время работы гидроцилиндров программа следит за показаниями датчиков угла наклона и, в случае рассогласования этих показаний более чем на 2° , приостанавливает движение соответствующего цилиндра во избежание перекоса испытуемого образца);
- при достижении заданного начального угла наклона гидравлические цилиндры прекращают работу, отсчитывается время успокоения системы, и фиксируются показания датчиков угла наклона и показания грузоприемных платформ;
- полученные данные сохраняются в таблице;
- на экран выводится рассчитанное значение угла поперечной статической устойчивости для полученных при текущем значении угла наклона данных;
- на гидравлические клапаны подается управляющая команда, и наклон продолжает увеличиваться на величину заданного шага измерений;
- цикл измерений продолжается до момента достижения заданного предельного угла наклона;
- по достижении заданного предельного угла наклона опыт продолжается по описанному выше алгоритму, но при уменьшении угла наклона;
- окончание опыта происходит при достижении испытуемым образцом горизонтального положения;
- опыт автоматически повторится столько раз, сколько указано в поле «число опытов»;
- при срабатывании аварийных конечных выключателей, расположенных на гидравлических цилиндрах, в главном окне программы загорается соответствующий индикатор, опыт прекращается вне зависимости от того, в каком режиме он проводится, и гидравлические цилиндры возвращают испытуемый образец в горизонтальное положение;
- экспорт данных проведенных измерений в электронную таблицу Excel.

Предложенное программное обеспечение, входящее с состав технического средства, позволяет оперативно управлять стендовым оборудованием, получать и обрабатывать данные с датчиков и производить моментальный расчет угла поперечной статической устойчивости. Стендовое оборудование обеспечивает необходимую точность измерений и позволяет получать результаты при заранее заданных углах наклона.

Список литературы

1. Афанасьева Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента. – М: КНОРУС, 2010 – 336 с.
2. Барбашин Е. А. – Введение в теорию устойчивости. – М: Наука, 1967 – 223 с.
3. Лапшин Н. А., Дьяченко Р. А. Оборудование, технические средства и методика для определения угла поперечной статической устойчивости самоходного сельскохозяйственного агрегата // Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского. Сборник научных статей II Международной научно-практической конференции. – Краснодар: филиал Военного учебно-научного центра ВВС «ВВА им. профессора Жуковского и Гагарина». – 2012. – С. 54-56.
4. Лапшин Н. А. Экономическая эффективность мобильного стенда для измерения угла поперечной статической устойчивости // Сборник научных трудов факультета КТАС КубГТУ. – Краснодар: Издательский Дом – Юг. – 2011. – С. 14-16.
5. Маркеев А. П. – Теоретическая механика. – М: ЧеРо, 1999. – 572 с.

Рецензенты:

Атрощенко В. А., д.т.н., профессор, декан факультета Компьютерных технологий и автоматизированных систем, ФГБОУ Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар.

Степанов В. В., д.т.н., профессор кафедры Информатики, ФГБОУ Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар.