

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ СТАТИЧЕСКОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Бояркин С.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Блянкинштейн И.М.

Сибирский федеральный университет

Оценке показателей поперечной устойчивости автотранспортных средств (АТС) и самоходных машин (СМ) уделяется большое внимание т.к. они (угол статической поперечной устойчивости $\alpha_{с.у}$ и угол крена подрессоренных масс φ), являются одними из важных показателей безопасности, нормируются ГОСТ Р 52302-2004 и определяются на стенде с опрокидывающейся платформой.

При внесении изменений в конструкцию АТС и СМ в эксплуатации показатели поперечной устойчивости могут изменяться, это вызывает необходимость их оценки в условиях эксплуатации, что при отсутствии на предприятии стенда с опрокидывающейся платформой сделать затруднительно. Поэтому разработка метода экспериментально-расчетной оценки параметров устойчивости АТС и СМ, и обоснование его эквивалентности методу, основанному на использовании стенда с опрокидывающейся платформы, представляет практический интерес для испытательных лабораторий и экспертных организаций.

Предлагается рассмотреть метод, заключающийся в том, чтобы в лабораторных условиях на горизонтальной площадке внешним приложением сил к кузову привести транспортное средство в положение отрыва колес одной стороны, имеющее место на опрокидывающейся платформе.

Для решения задачи по выявлению угла поперечной статической устойчивости в предлагаемом методе используется модель нагружения АТС на наклонной платформе, условно помещенная на горизонтальную поверхность (см.рис. 1), с заменой гравитационных сил внешне приложенной к кузову автомобиля силой, создающей опрокидывающий момент, аналогичный моменту на наклонной поверхности в момент отрыва колес одной стороны. Сила создается лебедкой до момента отрыва колес одной стороны автомобиля от опорной поверхности.

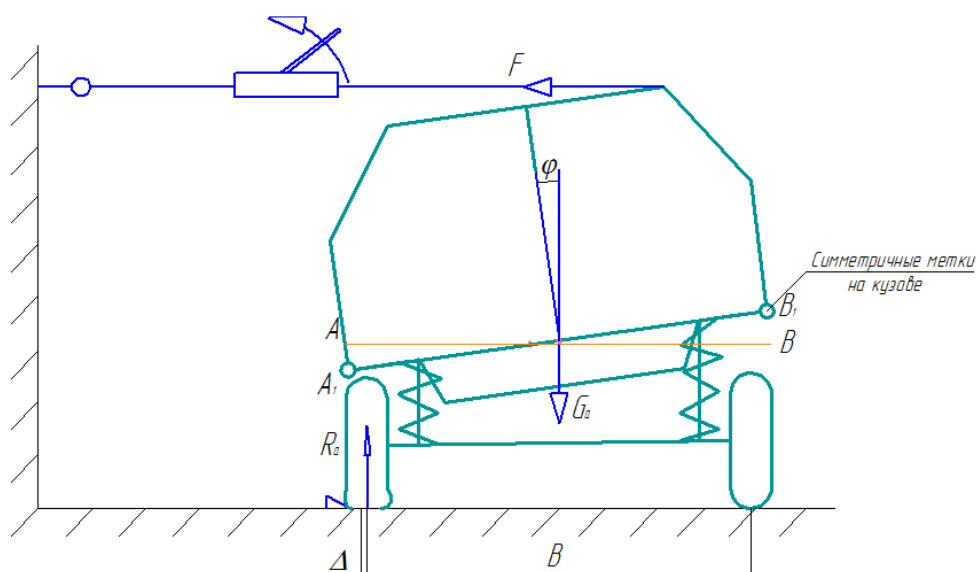


Рисунок 1. Схема бокового опрокидывания АТС на горизонтальной поверхности.

Величина угла поперечной статической устойчивости автомобиля с учетом крена кузова описывается выражением (1).

$$\alpha_{c,y} = \arctg\left(\frac{b}{2 \cdot h_{ц}}\right) - \varphi. \quad (1)$$

где b – колея колес, приведенная к поперечному сечению АТС в плоскости, проходящей через его центр масс, мм;

h – высота центра масс над опорной поверхностью, мм.

φ – угол крена поддресоренных масс.

Для определения угла $\alpha_{c,y}$ с учетом крена кузова к АТС прикладывали опрокидывающий момент, для чего использовали следующими приспособления: лебедка грузоподъемностью до 2 тонн, силовые капроновые стропы в количестве 2 штук, крепежные приспособления (анкерный болт), карабины, средства измерения: линейка, уровень, весы платформенные автомобильные.

Эксперимент производится в два этапа:

1) Определение поперечной координаты и высоты $h_{ц}$ центра масс АТС.

2) Определение угла крена φ поддресоренных масс (кузова) АТС по его геометрическим параметрам.

Для испытаний был взят автомобиль «ВАЗ 2109». В ходе проведения испытания взвешивали автомобиль при помощи платформенных весов и определили нагрузку на каждую ось и сторону автомобиля. Это необходимо для того, чтобы определить координаты центра тяжести в продольной и поперечной плоскости.

Поперечная координата центра масс (2).

$$c = \frac{G_n}{G_a} \cdot b \quad (2)$$

где G_n – сила тяжести правой стороны автомобиля, H ; G_a – сила тяжести автомобиля, H ; b – колея колес, приведенная к поперечному сечению АТС в плоскости, проходящей через его центр масс, мм;.

После чего определили высоту центра масс автомобиля $h_{ц}$ методом взвешивания. Одна из сторон АТС устанавливается на весы для измерения изменений нагрузки под колесами, противоположная сторона автомобиля поднимается на заданный угол, создавая тем самым смещение координаты центра масс в поперечной плоскости.

Смещение поперечной координаты и высота центра масс автомобиля определяется через уравнения (3) и (4)

$$c' = \frac{G'_n}{G_a} \cdot b \quad (3)$$

$$h_{y'} = c \cdot ctg\beta \left(\frac{G'_n}{G_n} - 1 \right) + r \quad (4)$$

где r – клиренс, мм.

β – угол наклона автомобиля над опорной поверхностью.

Следующий этап проведения испытания на поперечную устойчивость автомобиля заключался в нахождении угла крена поддресоренных масс. Одну сторону АТС нагружали боковой силой, приложенной к кузову и создаваемой лебедкой в горизонтальной плоскости согласно схеме рисунка 1. Под боковые колеса автомобиля со стороны прилагаемой силы устанавливались упоры для предотвращения смещения его в поперечной плоскости. Автомобиль нагружался силой, приложенной к кузову, до момента отрыва колес одной стороны от горизонтальной поверхности. В этом положении фиксировалось изменение высот симметричных меток на кузове АТС (см. рисунки 1 и 2), для того чтобы определить угол крена φ кузова автомобиля.

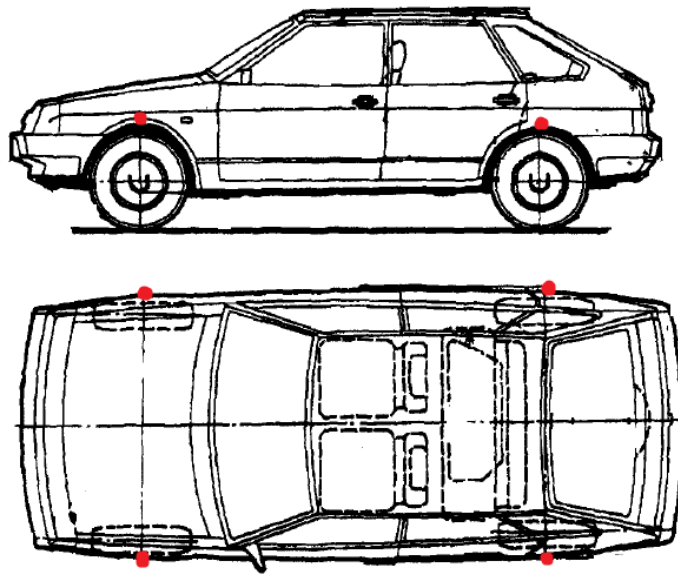


Рисунок 2 – Положение меток для измерения высоты кузова

Совместив две точки на передней части кузова с двумя симметричными им точками на задней части кузова рисунок (2) и построив схему поворота линии (отрезок AB на схеме 1), соединяющей эти точки, в момент отрыва колес одной стороны автомобиля от опорной поверхности. При повороте кузова приложенной к нему силой центра поворота отрезка AB тоже сместится на некоторую величину в сторону крена. Выразим угол крена кузова φ из двух прямоугольных треугольников A_1A_2M и B_1B_2M , получившихся в ходе поворота отрезка AB .

$$\sin \varphi = \frac{A_1A_2}{A_1M} \text{ и } \sin \varphi = \frac{B_1B_2}{B_1M} \quad (5)$$

Взяв длину отрезка A_1M за x и приравняв выражения (5), находим искомую величину (6), а отрезок B_1M как $(y - x)$, где y – среднее расстояние между симметричными метками на кузове автомобиля.

$$\frac{A_1A_2}{x} = \frac{B_1B_2}{A_1B_1 - x} \Rightarrow x = \frac{A_1A_2 \cdot A_1B_1}{A_1A_2 + B_1B_2} \quad (6)$$

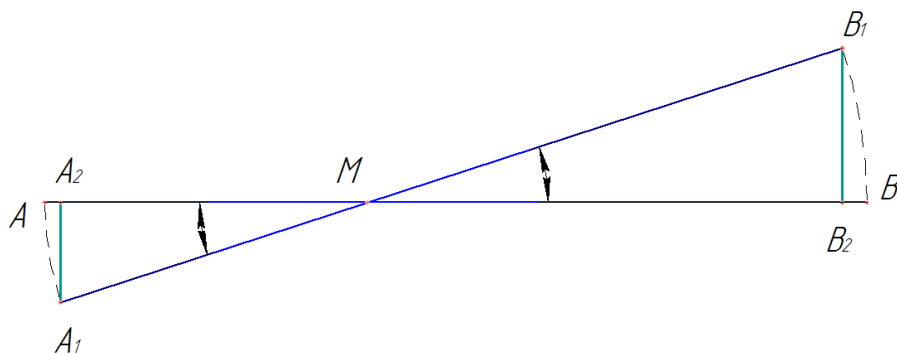


Схема 1. Смещение точек на кузове автомобиля при его крене.

Затем по имеющимся данным вычисляем угол крена кузова автомобиля, в который был включен угол крена автомобиля вследствие радиальной деформации шин.

Заключительным этапом исследования автомобиля на поперечную устойчивость являлся расчет критического угла поперечной устойчивости по формуле (1). На основании полученных экспериментальных данных определяем соответствие величины угла $\alpha_{с.у}$ нормативным значениям $\alpha_{н}$ АТС всех категорий, зависящего от коэффициента поперечной устойчивости q_s (формула 7), каждому значению которого (больше или меньше единицы) соответствует своя зависимость $\alpha_{н} = f(q_s)$:

$$q_s = \frac{0,5b}{h_{ц}} \quad (7)$$

$$\text{при } 0,55 \leq q_s \leq 1,0 \quad \alpha_{н} = (-2,4 + 42,4q_s)^\circ \quad (8)$$

$$\text{при } q_s > 1,0, \quad \alpha_{н} = (15 + 25 q_s)^\circ \quad (9)$$

$$\text{при } q_s < 0,55. \quad \alpha_{н} \geq 21^\circ \quad (10)$$

Максимальное допустимое значение угла крена φ подрессоренных масс в центре масс АТС, полученное в результате испытаний, не должно превышать предельных значений $\varphi_{н}$, заданных в зависимости от коэффициента поперечной устойчивости q_s . При этом АТС всех категорий разделены на две группы, каждой из которых соответствует своя зависимость $\varphi_{н} = f(q_s)$:

$$\text{при } q_s \leq 1,0 \quad \varphi_{н} = (10,8 - 4,3q_s)^\circ; \quad (11)$$

$$\text{при } q_s > 1,0 \quad \varphi_{н} = 6,5^\circ \quad (12)$$

Критерием соответствия нормативным требованиям стандарта является условие

$$\varphi \leq \varphi_{н} \quad (13)$$

где $\varphi_{н}$ - предельно допустимое значение угла крена по ГОСТ Р 52302-2004.

Значения, полученные для автомобиля «ВАЗ - 2109» составили

$$\alpha_{с.у} \leq \alpha_{н} \quad 40^\circ \leq 41^\circ$$

$$\varphi \leq \varphi_{н} \quad 6^\circ \leq 6,5^\circ$$

Как следует из расчетов, полученные в результате эксперимента для автомобиля «ВАЗ - 2109» по предлагаемой схеме нагружения значения показателей $\alpha_{с.у}$ и φ удовлетворяют нормативным значениям, установленным ГОСТ Р 52302-2004, что свидетельствует о работоспособности и эквивалентности метода.

Достоинством метода является то, что отпадает необходимость применения стенда с опрокидывающейся платформой, что обеспечит оперативность, снижение себестоимости и упростит процедуру проведения испытаний.

Список использованных источников

1. Гришкевич А. И., Автомобили: Теория: Учебник для вузов. – Мн.: Выш. шк., 1986. – 208с.
2. ГОСТ Р 52302-2004 «Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость».