

РАСЧЁТНАЯ ОЦЕНКА УПРАВЛЯЕМОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЯ

Романенко Иван Владимирович

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Молибошко Л.А.

(Белорусский национальный технический университет)

В статье описан аналитический метод оценки управляемости и устойчивости автомобиля. Составлена математическая модель и программа расчёта управляемости и устойчивости автотранспортных средств категорий М и N, приведены результаты расчета.

Для расчета управляемости и устойчивости автомобиля принята динамическая модель (рисунок 1), в которой поддрессоренная масса автомобиля имеет три степени свободы: вертикальное перемещение вдоль оси z , угловые перемещения (повороты) вокруг продольной оси x и вертикальной оси z . С кузовом автомобиля связана подвижная система координат x - y - z . Начало системы координат расположено в центре тяжести автомобиля. Неподвижная система координат обозначена буквами X - Y - Z . Схема сил, действующих на автомобиль, показана на рисунке 2.

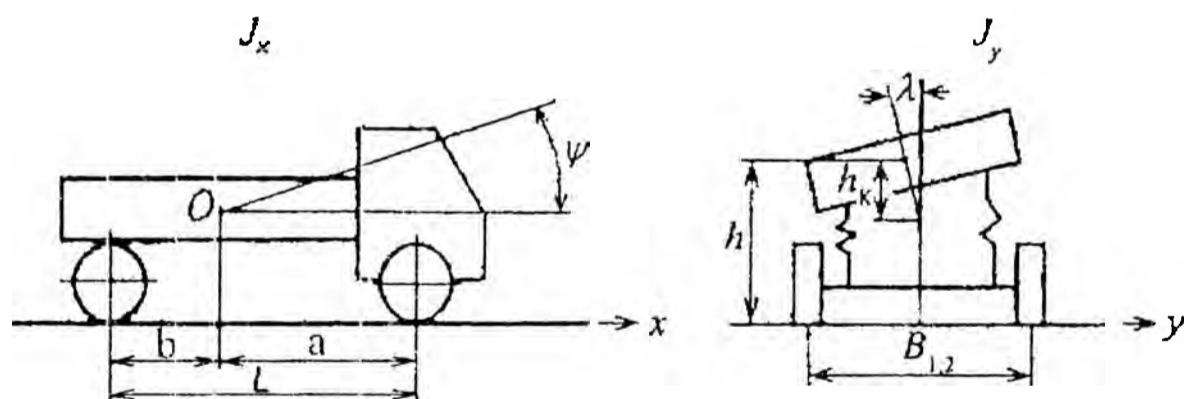


Рисунок 1 - Динамическая модель автомобиля

При выводе уравнений движения приняты следующие допущения: автомобиль движется по ровной горизонтальной поверхности; угловые колебания поддрессоренной массы происхо-

дятся относительно оси крена, расположенной в плоскости симметрии автомобиля; кузов автомобиля считается абсолютно жестким; управляемые колеса переднего моста поворачиваются на одинаковые углы; полная масса автомобиля та представлена в виде двух масс: m_p – поддрессоренной и m_n – неподдрессоренной.

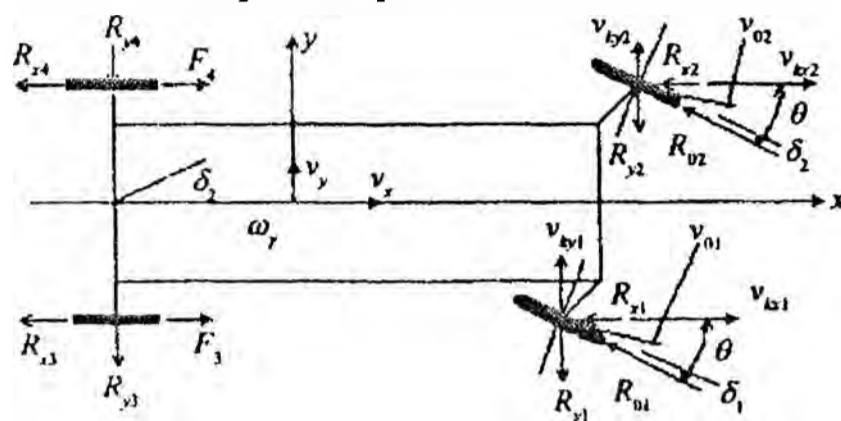


Рисунок 2 - Схема для определения сил и скоростей, действующих на автомобиль при повороте

Для проведения расчетов, связанных с определением показателей устойчивости и управляемости, необходимо иметь следующие конструктивные параметры автомобиля: полную и поддрессоренную массы автомобиля, моменты инерции автомобиля относительно осей x , y и z , базу автомобиля L , расстояние от центра масс до осей вращения колес переднего (ПМ) и заднего (ЗМ) мостов, колею передних и задних колес, расстояние между рессорами переднего и заднего мостов, высоту центра масс (ЦМ) автомобиля, расстояние от ЦМ до оси крена, жесткость передней и задней подвесок, боковую жесткость передней и задней подвесок, боковое сопротивление колес ПМ и ЗМ, коэффициент сопротивления амортизаторов ПМ и ЗМ, коэффициент сопротивления уводу шин ПМ и ЗМ.

При проведении расчетов в качестве базового был взят автомобиль МАЗ-5337.

Для вывода уравнений движения рассматриваемой динамической модели использованы уравнения Лагранжа II рода.

Программа расчета написана на языке Delphi и позволяет оценивать управляемость и устойчивость автомобиля при сле-

дующих режимах движения: рывок руля; движение по кругу $R = 35$ м; переставка.

Расчет «рывок руля» проводится при скоростях: 80 км/ч для категорий M_1 , M_2 и N_1 и 60 км/ч для категорий M_3 , N_2 и N_3 . С этой скоростью АТС движется равномерно и прямолинейно до начала поворота рулевого колеса. Затем производится максимально быстрый поворот рулевого колеса в заданное положение до начала установившегося кругового движения.

Расчет «поворот $R = 35$ м» предназначен для определения предельной скорости выполнения маневра и скоростей, при которых возникают сносы, занос и курсовые колебания АТС.

Расчет «переставка $S_{II} = 20$ м» предназначен для определения предельной скорости, при которой начинается занос автомобиля.

Ниже в качестве примера на рисунках 3, 4 и 5 приведены некоторые результаты расчета управляемости и устойчивости автомобиля МАЗ-5337 на указанных режимах движения.

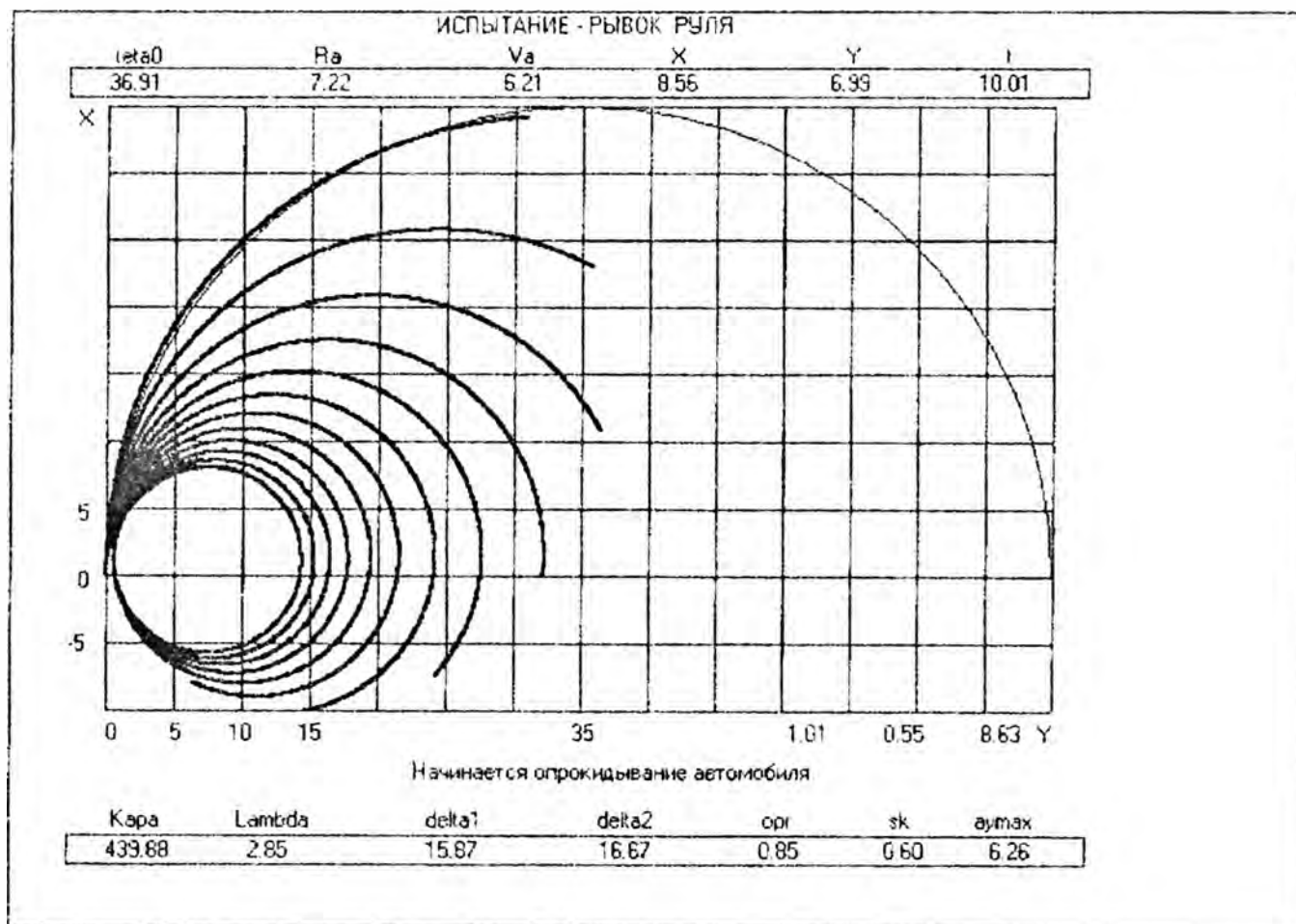


Рисунок 3 – Результаты расчёта маневра «рывок руля»

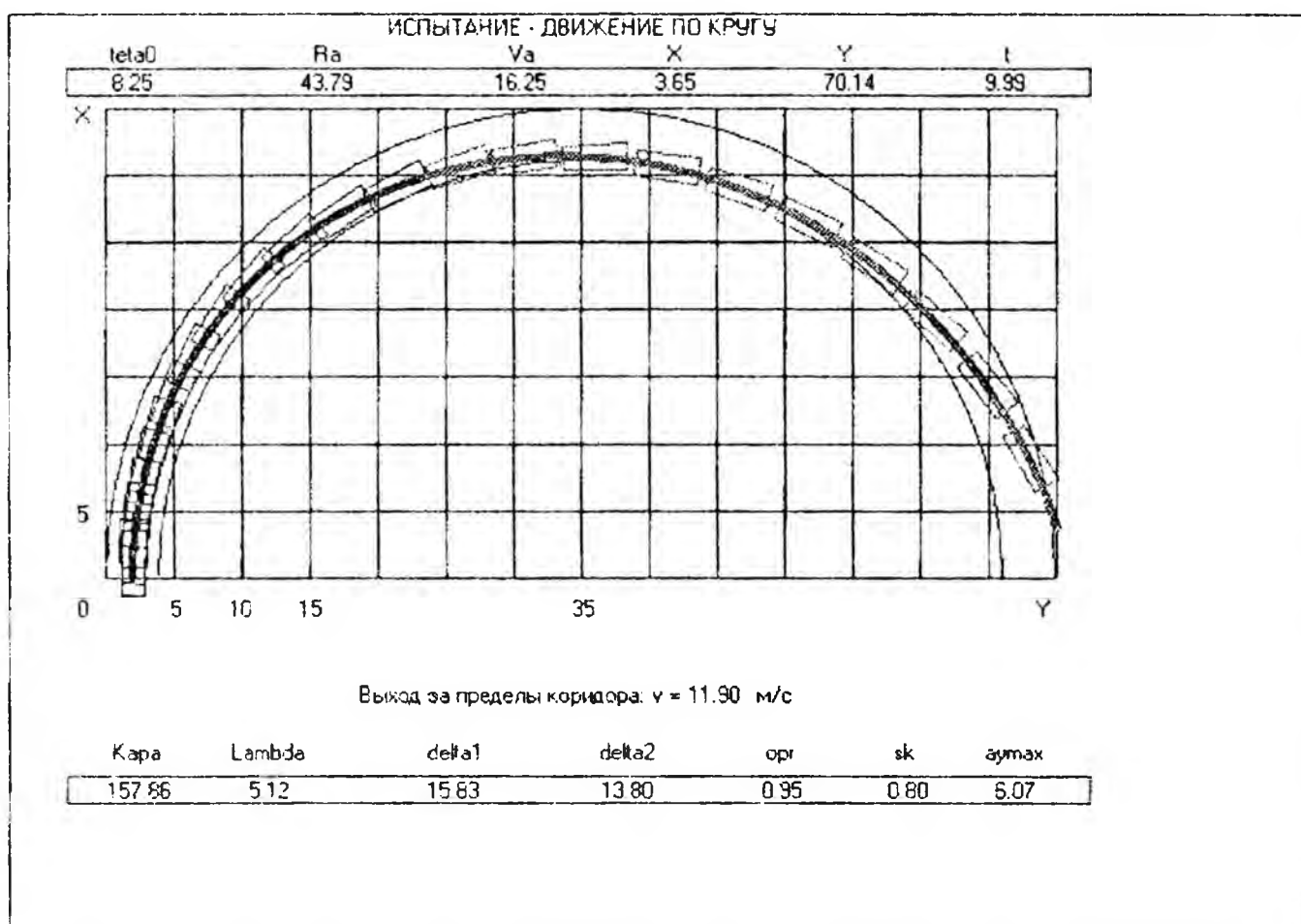


Рисунок 4 - Результаты расчёта маневра «Движение по кругу $R = 35$ м»

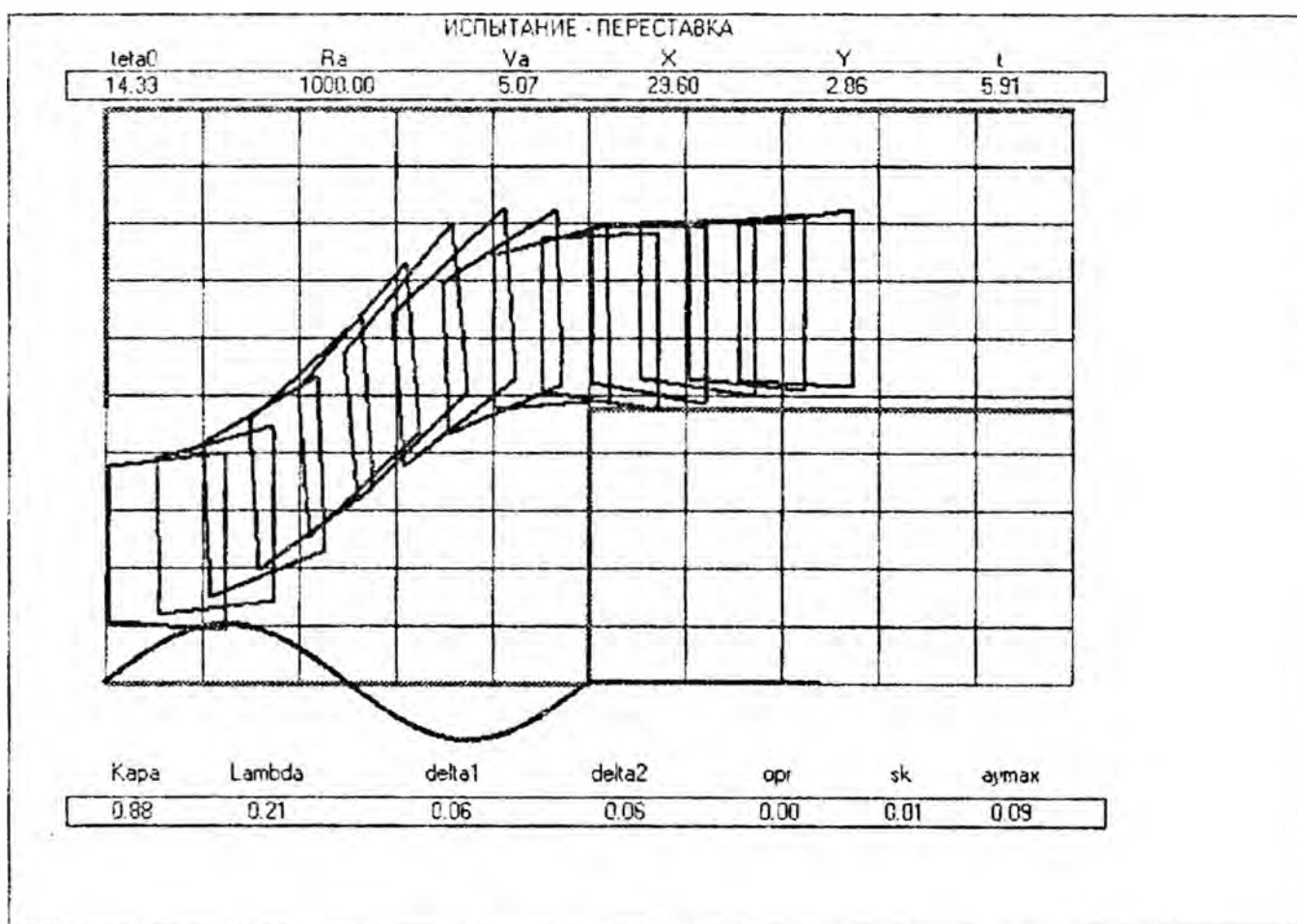


Рисунок 5 - Результаты расчёта маневра «переставка»

Указанные расчеты выполнены в соответствии с [2].

Из выполненных расчетов следует, что наибольшее влияние на устойчивость и управляемость оказывают коэффициенты бокового сопротивления уводу мостов k_{y1} и k_{y2} .

При проектировании автомобиля для повышения устойчивости и управляемости следует добиваться оптимального соотношения коэффициентов сопротивления уводу мостов в соответствии с уравнением:

$$R_a = \frac{L}{\theta} + \frac{v_a^2}{\theta} \left(\frac{m_1}{k_{s1}} - \frac{m_2}{k_{s2}} \right),$$

где k_{s1} и k_{s2} – коэффициенты сопротивления уводу мостов с учетом перераспределения вертикальных нагрузок на колеса при движении автомобиля.

Автомобиль с недостаточной поворачиваемостью более устойчив и лучше сохраняет направление движения, чем автомобиль с избыточной поворачиваемостью. Недостаточная поворачиваемость автомобиля способствует повышению его траекторной и курсовой устойчивости. Однако слишком большой увод колес переднего моста приводит к ухудшению динамической поворачиваемости автомобиля, то есть его способности изменять направление движения в соответствии с поворотом рулевого колеса. Плохая динамическая поворачиваемость затрудняет работу водителя, так как для изменения направления необходимо затратить больше энергии. Кроме того, при слишком большом уводе колес происходит заметное запаздывание поворота автомобиля относительно поворота рулевого колеса.

Рациональными являются такие параметры автомобиля, которые обеспечивают небольшую недостаточную поворачиваемость.

Литература

1. Молибошко, Л.А. Компьютерное моделирование автомобилей/ Л.А.Молибошко. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007.– 280 с.
2. ОСТ 37.001.471-88. Управляемость и устойчивость АТС. Методы испытаний.