

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА КОЛЕБАНИЙ АВТОБУСА, ПОЛУЧЕННЫХ ПО ТРЕХМАССОВОЙ И ДВУХМАССОВОЙ МАТЕМАТИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ

Войтешонок Иван Владимирович

*Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Ю.Е. Атаманов
(Белорусский национальный технический университет)*

Статья о целесообразности применения различных видов математических моделей для расчета плавности хода автобуса с анализом погрешностей применения.

Перемещение поддресоренной массы автомобиля в пространстве характеризуется тремя линейными перемещениями вдоль трех взаимно перпендикулярных осей координат OX , OY и OZ и тремя угловыми перемещениями относительно каждой из осей, т.е. поддресоренная масса имеет шесть степеней свободы.

На практике при исследовании колебаний автомобилей наибольшее распространение получили плоские расчетные схемы - как двухмассовые, так и трехмассовые.

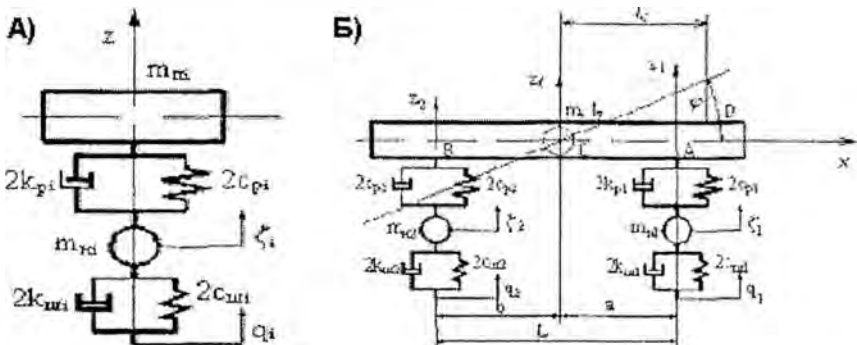


Рис. 1. Расчетные схемы

Механико-математическая модель состоит из расчетной схемы исследуемого автомобиля и системы дифференциальных уравнений, описывающих движение этого объекта.

На рис. 1 показаны расчетные схемы системы поддрессоривания автобуса, двухмассовая (схема А) и трехмассовая (схема Б) соответственно. Двухмассовая схема используется для исследования вертикальных колебаний поддрессоренных и неподдрессоренных масс машин, когда коэффициент распределения масс ϵ находится в пределах $0,8 \dots 1,2$. На колебательные системы наложены двухсторонние голономные связи. Ниже приведены системы дифференциальных уравнений, описывающие колебательные движения поддрессоренной и неподдрессоренной масс.

Для трехмассовой схемы:

$$M_1 \cdot z''_1 + M_3 \cdot z''_2 + 2 \cdot k_{p1}(z'_1 - \xi'_1) + 2 \cdot c_{p1}(z_1 - \xi_1) = 0;$$

$$M_2 \cdot z''_2 + M_3 \cdot z''_1 + 2 \cdot k_{p2}(z'_2 - \xi'_2) + 2 \cdot c_{p2}(z_2 - \xi_2) = 0;$$

$$m_{ш1} \cdot \xi''_1 - 2 \cdot k_{p1}(z'_1 - \xi'_1) + 2 \cdot k_{ш1}(\xi'_1 - q'_1) - 2 \cdot c_{p1}(z_1 - \xi_1) + c_{ш1}(\xi_1 - q_1) = 0;$$

$$m_{ш2} \cdot \xi''_2 - 2 \cdot k_{p2}(z'_2 - \xi'_2) + 2 \cdot k_{ш2}(\xi'_2 - q'_2) - 2 \cdot c_{p2}(z_2 - \xi_2) + c_{ш2}(\xi_2 - q_2) = 0.$$

Для двухмассовой схемы:

$$M_1 \cdot z''_1 + 2 \cdot k_{p1}(z'_1 - \xi'_1) + 2 \cdot c_{p1}(z_1 - \xi_1) = 0;$$

$$m_{ш1} \cdot \xi''_1 - 2 \cdot k_{p1}(z'_1 - \xi'_1) + 2 \cdot k_{ш1}(\xi'_1 - q'_1) - 2 \cdot c_{p1}(z_1 - \xi_1) + c_{ш1}(\xi_1 - q_1) = 0;$$

$$M_2 \cdot z''_2 + 2 \cdot k_{p2}(z'_2 - \xi'_2) + 2 \cdot c_{p2}(z_2 - \xi_2) = 0;$$

$$m_{ш2} \cdot \xi''_2 - 2 \cdot k_{p2}(z'_2 - \xi'_2) + 2 \cdot k_{ш2}(\xi'_2 - q'_2) - 2 \cdot c_{p2}(z_2 - \xi_2) + c_{ш2}(\xi_2 - q_2) = 0.$$

где: M_i - приведенные поддрессоренные массы; z_i - вертикальные перемещения поддрессоренных масс; k_{p_i} - коэффициенты демпфирования; c_{p_i} - коэффициенты жесткости; ξ_i - вертикальные перемещения неподдрессоренных масс.

В качестве исходных данных для сравнительной оценки расчета были приняты технические характеристики автобуса МА3-103. Как критерий адекватности моделей использовалась ошибка (в процентах) результатов, полученных при расчетах по трехмассовой и двухмассовой моделях.

По указанным моделям был проведен расчет и построены графические зависимости. При сравнении графических зависимостей можно сделать заключение, что при коэффициенте распределения подрессоренной массы ϵ , близком к единице, возможно проводить исследования колебаний на двухмассовой механико-математической модели, так как характер графических зависимостей для двухмассовой и трехмассовой модели аналогичны. Однако в процентном отношении расхождения значительны. Перемещение неподдресоренной массы передней части автобуса при расчете по трехмассовой модели составляет 0,014 м, а по двухмассовой – 0,008 м, что приводит к разнице в 43 процента.

Результаты расчетов по обеим механико-математическим моделям для некоторых параметров передней и задней частей автобуса полностью совпали. Это перемещения подрессоренной массы передней части автобуса, перемещения неподдресоренной массы задней части и ускорения неподдресоренной массы задней части автобуса. В то же время расхождения результатов расчетов для остальных четырех наблюдаемых параметров составили от 33 до 40 процентов.

Учитывая вышесказанное, для проверки плавности хода с выбранными параметрами подвески по критериям отсутствия колебания управляемых колес, устойчивости движения и управляемости, целесообразно использовать трехмассовую механико-математическую модель вместо двухмассовой, преимущественно используемой в настоящее время. Трехмассовая математическая модель имеет ряд преимуществ, основные из которых:

- трехмассовая модель более универсальна, так как позволяет вести расчет колебаний автобуса не только при коэффициенте распределения неподдресоренной массы $\epsilon=1$, но и при величине, значительно отличающейся от данной;
- трехмассовая модель более информативна, так как позволяет получить информацию о подрессоренных и неподдресоренных массах, а также о вертикальных колебаниях и о продольно-угловых колебаниях;
- несмотря на большее число дифференциальных уравнений движения по сравнению с двухмассовой моделью, решение задачи исследования плавности хода автобуса на современных ЭВМ не приводит к заметному увеличению времени расчетов.