

Бондаренко Петр Владимирович, Васильева Лидия Анатольевна

ПРОЕКТ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ "НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СЛУЧАЙНЫХ БОКОВЫХ СИЛ"

Представлен проект расчетно-графической работы для студентов, специализирующихся по организации и безопасности дорожного движения. Для выполнения работы в компьютерном классе разработана компьютерная программа по моделированию неустойчивости движения автомобиля под действием случайных боковых сил. Программа позволяет строить графики зависимостей скорости, при которой возникает неустойчивость, от соотношения нагрузки на колесные оси и от соотношения коэффициентов сопротивления уводу. Поскольку данный вид неустойчивости может привести к потере управления автомобилем, выполнение работы позволит студентам лучше понять процессы, приводящие к аварийности на дорогах.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2015/3/3.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2015. № 3 (93). С. 20-23. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2015/3/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

УДК 372.853

Педагогические науки

Представлен проект расчетно-графической работы для студентов, специализирующихся по организации и безопасности дорожного движения. Для выполнения работы в компьютерном классе разработана компьютерная программа по моделированию неустойчивости движения автомобиля под действием случайных боковых сил. Программа позволяет строить графики зависимостей скорости, при которой возникает неустойчивость, от соотношения нагрузки на колесные оси и от соотношения коэффициентов сопротивления уводу. Поскольку данный вид неустойчивости может привести к потере управления автомобилем, выполнение работы позволит студентам лучше понять процессы, приводящие к аварийности на дорогах.

Ключевые слова и фразы: неустойчивость автомобиля; увод колес; компьютерное моделирование; расчетно-графическая работа; безопасность дорожного движения.

Бондаренко Петр Владимирович, к. физ.-мат. н.

Волгоградский государственный университет

bondarenko.volsu@gmail.com

Васильева Лидия Анатольевна, к. физ.-мат. н., доцент

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

bondarenko.volsu@gmail.com

ПРОЕКТ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ «НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СЛУЧАЙНЫХ БОКОВЫХ СИЛ»

Целью статьи является создание проекта расчетно-графической работы по курсу физики для студентов, специализирующихся по безопасности дорожного движения. Работа выполняется на основе анализа неустойчивости автомобиля по результатам компьютерного моделирования зависимостей скорости возникновения неустойчивости от массы и коэффициента сопротивления уводу.

Одной из главных причин неустойчивости является увод шин, который возникает под действием случайных боковых сил – порыв ветра, неровности дороги в профиле и др.

Угол увода – это угол между направлением, заданным рулевым управлением, и направлением, под которым катится колесо.

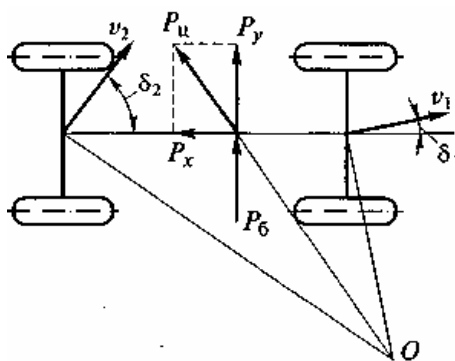


Рис. 1. Схема движения автомобиля с избыточной поворачиваемостью при действии боковой силы:

v_1, v_2 – векторы скоростей передних и задних колес; O – центр поворота автомобиля;

$P_ц$ – центробежная сила инерции; $P_б$ – случайная боковая сила;

P_y, P_x – поперечная и продольная составляющие центробежной силы инерции;

δ_1, δ_2 – углы увода передних и задних колес

Под действием боковой силы автомобиль может переместиться по направлению ее действия. Если дорога – не скользкая, и сцепление шины с дорогой достаточно велико, ближняя к дороге часть шины остается сцепленной с дорогой, сечение шины искривляется, деформируется, а колесо под действием боковой силы смещается на какое-то расстояние [3].

Зависимость между поперечной реакцией дороги Y и углом увода δ [2]:

$$Y = k_{yв} \cdot \delta_{yв},$$

где: $k_{yв}$ – коэффициент сопротивления уводу.

Каждая шина имеет свой коэффициент сопротивления уводу, который определяется как отношение боковой силы к углу увода, выраженному в радианах, и зависит от нескольких параметров: ширины и высоты профиля шины, давления воздуха в шине, нормальных и касательных нагрузок, режима движения колеса.

Углы увода передних и задних колес и соотношение между ними являются основными параметрами, характеризующими поворачиваемость автомобиля. В зависимости от соотношения углов увода передних и задних колес, автомобили могут иметь различную поворачиваемость: нейтральную, недостаточную и излишнюю.

Наиболее опасным с точки зрения возникновения неустойчивости под действием боковых сил является случай автомобиля с излишней поворачиваемостью.

Излишней поворачиваемостью автомобиль обладает, если боковой увод колес задней оси больше, чем боковой увод колес передней оси, и угол поворота машины относительно центра масс увеличивается при возникновении неустойчивости. При действии боковой силы P_b двигающийся прямолинейно автомобиль с излишней поворачиваемостью начинает перемещаться по кривой вокруг центра поворота O (Рис. 1). В этом случае поперечная составляющая P_y , центробежной силы P_c действует в ту же сторону, что и боковая сила P_b . Вследствие сложения этих сил увод колес возрастает, что приводит к увеличению центробежной силы. И если не вернуть управляемые колеса в противоположную начавшемуся повороту сторону, то автомобиль будет двигаться по кривой непрерывно уменьшающегося радиуса (по спирали). Автомобиль перестает подчиняться рулевому управлению, в результате чего может произойти занос или опрокидывание [Там же].

Углы увода δ_A и δ_B пропорциональны поперечным силам P_{y1} и P_{y2} , которые, в свою очередь, пропорциональны квадрату скорости:

$$\delta_A = \frac{P_{y1}}{k_{yв1}} = \frac{M_1 v^2}{R_3 k_{yв1}} \text{ и } \delta_B = \frac{P_{y2}}{k_{yв2}} = \frac{M_2 v^2}{R_3 k_{yв2}},$$

где $k_{yв1}$ и $k_{yв2}$ – коэффициенты сопротивления уводу соответственно переднего и заднего мостов, Н/рад; M_1 и M_2 – массы, отнесенные соответственно к переднему и заднему мостам, кг.

Отсюда можно получить формулу скорости возникновения неустойчивости:

$$V_{ув} = \sqrt{\frac{L}{\left(\frac{M_2}{K_2} - \frac{M_1}{K_1}\right)}},$$

где L – колёсная база.

В данной работе используем разработанную нами программу для моделирования неустойчивости автомобиля [1].

Интерфейс программы позволяет пользователю задавать массу автомобиля и варьировать её распределение по колёсным осям, задавать коэффициент сопротивления уводу шин. Результаты моделирования отображаются в виде графиков зависимостей скорости возникновения неустойчивости от соотношения нагрузки на колёсные оси и от соотношения коэффициентов сопротивления уводу шин (Рис. 2).

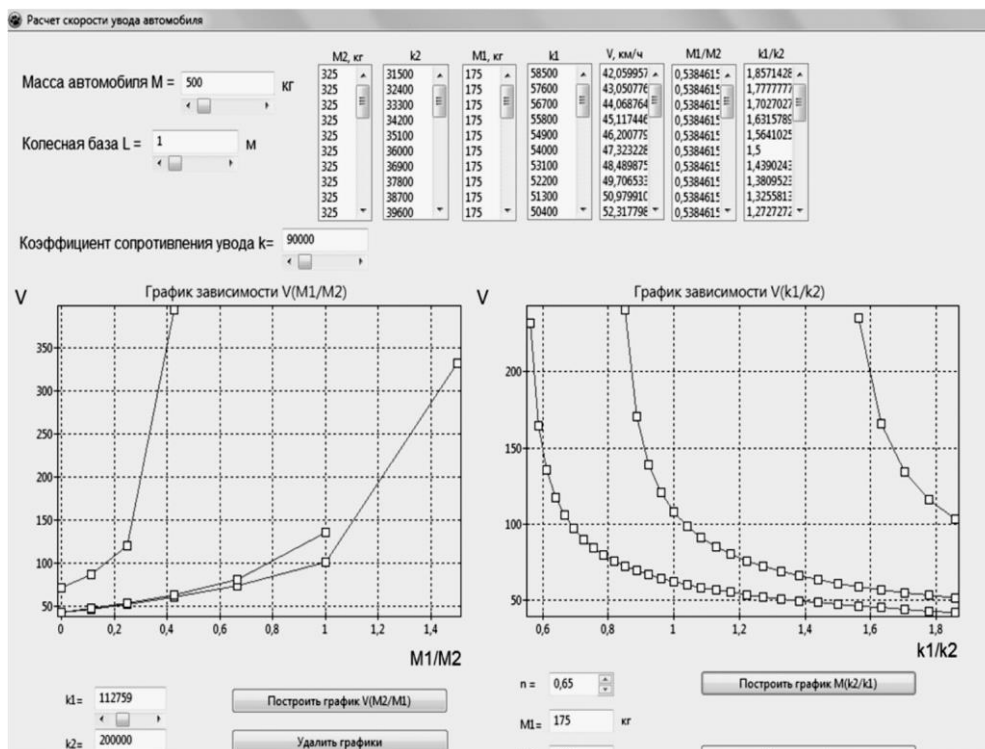


Рис. 2. Рабочее окно программы, которую предлагается использовать для расчетно-графической работы

Каждой бригаде студентов предлагаем подобрать автомобиль для компьютерного исследования, задать его массу и колёсную базу.

I. В качестве первого задания в расчётно-графической работе предлагается построить графики зависимости скорости возникновения неустойчивости от соотношения нагрузки на заднюю и переднюю оси при трёх различных значениях соотношения коэффициентов сопротивления уводу:

- построить график зависимости скорости возникновения неустойчивости от отношения масс на колёсные оси для автомобилей с нейтральной поворачиваемостью $k_1 = k_2$. Значения k подбираются пользователем и вводятся с клавиатуры;
- построить график зависимости скорости возникновения неустойчивости от отношения масс на колёсные оси для автомобилей с недостаточной поворачиваемостью $k_1 < k_2$;
- построить график зависимости скорости возникновения неустойчивости от отношения масс на колёсные оси для автомобилей с излишней поворачиваемостью $k_1 > k_2$.

Проанализировать эти графики и выбрать наиболее безопасный вариант распределения положения груза в автомобиле. Написать вывод.

Обратить внимание, что даже для первых двух случаев (автомобили с нейтральной и недостаточной поворачиваемостью) возникает опасность возникновения неустойчивости при неправильном распределении нагрузки по колёсным осям.

II. В качестве второго задания предлагается построить графики зависимости скорости возникновения неустойчивости от соотношения коэффициентов сопротивления уводу задних и передних колёс автомобиля при трёх различных значениях соотношения нагрузки на переднюю и заднюю колёсные оси автомобиля:

- при равномерном распределении нагрузки по колёсным осям: $M_1 = M_2$;
- при перегруженной передней колёсной оси: $M_1 > M_2$;
- при перегруженной задней колёсной оси: $M_1 < M_2$.

Студенту предлагается проанализировать результаты моделирования и сделать выводы. Провести анализ графиков, учитывая, что область:

- $k_1/k_2 < 1$ – это случай недостаточной поворачиваемости;
- $k_1/k_2 = 1$ – это случай нейтральной поворачиваемости;
- $k_1/k_2 > 1$ – это случай излишней поворачиваемости.

III. В третьем задании студентам предлагается оценить скорость внезапного порыва ветра, при которой может возникнуть неустойчивость.

Сопротивление движению автомобиля со стороны воздуха состоит из лобового сопротивления, трения воздуха о боковые поверхности автомобиля, завихрения воздуха около колёс и под кузовом.

Суммарная сила сопротивления воздуха движению автомобиля выражается формулой аэродинамики [4]:

$$P_w = \frac{K_w F v^2}{13},$$

где K_w – коэффициент сопротивления среды, зависящий от формы автомобиля и качества отделки поверхности; F – лобовая площадь автомобиля; v – скорость движения автомобиля.

Коэффициент сопротивления среды K_w получают опытным путем, продувая модель автомобиля в аэродинамической трубе.

Лобовая площадь определяется по формуле:

$$F = 0,8BH,$$

где B и H – габаритные ширина и высота автомобиля.

В нашем расчете будем понимать вместо лобового сопротивления – боковое, вместо лобовой площади – боковую, тогда под v понимается искомая скорость порыва бокового ветра. В этом случае величины B и H – длина и высота автомобиля соответственно.

Данная расчётно-графическая работа должна помочь студентам, специализирующимся по безопасности дорожного движения, лучше понять физические процессы, приводящие к возникновению аварийности на дорогах.

Список литературы

1. Васильева Л. А., Бондаренко П. В., Шароян А. А., Ивлева Е. Ю. Компьютерное моделирование неустойчивости движения автомобиля вследствие увода шин под действием случайных боковых сил // Сборник научных трудов Sworld. Одесса, 2012. Т. 2. № 2. С. 28-30.
2. Голомидов А. М. Эксплуатационные свойства автомобилей с приводом на передние колёса. М.: Машиностроение, 1986. 112 с.
3. Туревский И. С. Теория автомобиля. М.: Высшая Школа, 2005. 240 с.
4. Федотов Г. А., Поспелов П. И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог: учебник: в 2-х кн. М.: Высшая школа, 2009. Кн. 1. 646 с.

**PROJECT OF COMPUTATIONAL GRAPHICAL WORK
“VEHICLE MOVEMENT INSTABILITY INFLUENCED BY ACCIDENTAL SIDE FORCES”**

Bondarenko Petr Vladimirovich, Ph. D. in Physical-Mathematical Sciences
Volgograd State University
bondarenko.volsu@gmail.com

Vasil'eva Lidiya Anatol'evna, Ph. D. in Physical-Mathematical Sciences, Associate Professor
Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering
bondarenko.volsu@gmail.com

The project of a computational graphical work for students specializing in the organization and safety of road traffic is represented. To execute the work in a computer lab a computer program for simulating a vehicle movement instability influenced by accidental side forces is developed. The program allows plotting the graphs of the dependencies of speed, at which instability arises, on the ratio of load on wheel axles and on the ratio of coefficients of resistance to slip. Whereas this type of instability can cause the loss of vehicle control, the execution of the work will enable students to better understand processes leading to accidents on roads.

Key words and phrases: vehicle instability; wheels slip; computer simulation; computational graphical work; road traffic safety.

УДК 51-74

Технические науки

В статье предлагаются формализация графовых моделей структур многокомпонентных динамических систем с применением маркированных графов, а также матричный способ описания процесса функционирования ориентированных и неориентированных маркированных графов. Использование графовых моделей позволяет организовать вычисления информационных потоков при построении имитационных моделей динамических систем, сетей массового обслуживания и объектов системной динамики.

Ключевые слова и фразы: моделирование; маркированный граф; маркировка графа; графовая модель; динамическая система.

Волгина Марина Анатольевна, к.т.н.

Пензенский государственный университет
volgina.marina@yandex.ru

**ФОРМАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ
ГРАФОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Многокомпонентная динамическая система содержит совокупность взаимосвязанных компонентов, каждый из которых характеризуется множеством входных, выходных сигналов и функцией, описывающей зависимость выходного сигнала от входных сигналов.

Структуру динамической системы удобно представить в виде маркированного графа, где маркеры ассоциируются с входным или выходными сигналами компонентов моделируемой системы. Функционирование маркированного графа можно рассматривать как реализацию событий в реальной системе, что, в свою очередь, соответствует изменению состояний как отдельных компонентов, так и всей моделируемой системы.

В маркированном орграфе $G = \langle V, W, M \rangle$ каждой вершине $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ или дуге $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ графа ставится в соответствие натуральное число N , указывающее количество маркеров. При этом маркеры могут размещаться как в вершинах, так и на дугах графа. Количество маркеров характеризует *маркировку вершины* (или *дуги*), совокупность маркеров для всех вершин (или дуг) графа характеризует *маркировку графа*. Последовательный запуск вершин и соответствующее изменение маркировки графа рассматриваются как процесс *функционирования* маркированного графа.

При формализованном представлении орграфа $G = \langle V, W, M \rangle$ с маркировкой в вершинах $M: V \rightarrow N$ (Рис. 1) используется матричное описание маркированного орграфа $G = \langle S_1, S_2, M_0 \rangle$. При этом орграф задается матрицами смежности $S_1 = [s_{ij}]$, $S_2 = [s_{2ij}]$ и вектором начальной маркировки $M_0 = (m_1^0, m_2^0, \dots, m_n^0)$ вершин графа.

Матрица смежности S_1 определяет входную функцию орграфа, а матрица S_2 – выходную функцию: