

Пример задачи синтеза. Дано: критерий — одно из 8-ми значений \bar{a}_j или критерии — одно из 8-ми значений \bar{a}_j и N_{\min} или N_{\max} . Требуется определить: $e, S_e = B_2 t^m$ или $\varphi_e = B_3 t^m, m, \alpha, \theta$ и сформировать схему движения материальной точки в неинерциальной системе отсчета.

Решая одну из задач синтеза, студент практически осуществляет постановку всех задач анализа соответствующих заданному критерию. Уже одно это обстоятельство резко повышает уровень знаний студента.

Применение в учебном процессе новой методики многокритериального синтеза способствует формированию современного мышления студента, повышает эффективность обучения. Приобретенные навыки помогут будущему специалисту успешно решать задачи проектирования механизмов с заранее заданными свойствами, принимать наилучшее из всех возможных решений.

УДК 531.2.3.114:371.3

ОБУЧАЮЩИЙ И КОНТРОЛИРУЮЩИЙ КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ДЛЯ ЭВМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «MATHCAD 2000 PRO» ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЯЕМОЙ ОСИ АВТОМОБИЛЯ И АВТОБУСА

Ю. А. Гурвич

Для осуществления многокритериального выбора параметров управляемой оси (которая состоит из колес с шинами, балки, пружин и демпферов подвески, рулевой трапеции и т.д.) во всем скоростном диапазоне движения автомобиля и автобуса (эта работа выполняется в рамках Государственной научно-технической программы «Белавтотракторостроение» на 2001–2005 гг.) необходимо выполнить следующие виды работ:

1. Составить механико-математическую модель управляемой оси, представляющую собой совокупность схемы управляемой оси и дифференциальных уравнений движения управляемых колес с шинами с учетом неголономных связей катящихся без скольжения колес по дороге.

2. Привести дифференциальные уравнения к виду Коши (к дифференциальным уравнениям первого порядка для дальнейшего численного интегрирования).

3. Выбрать управляемые параметры и пределы их изменений.

4. Составить комплекс программ для ЭВМ, с помощью которого осуществить выбор точек Парето как колебательных, так и аperiodических движений управляемых колес во всем скоростном диапазоне движения машины.

В результате конструктору предлагается одна из точек Парето: колебательных или аperiodических движений, причем, каждой точке Парето соответствует своя совокупность управляемых параметров.

Отметим, что реализация последнего пункта представляет собой математически сложный и трудоемкий вычислительный процесс, весь ход которого практически скрыт от глаз конструктора, труден для понимания из-за недостатка знаний в области многокритериального синтеза, механики неголономных систем и т. д., что не позволяет ему достаточно полно и быстро анализировать результаты вычислений.

Для устранения этих недостатков, а так же с целью адаптации и обучения конструкторов и студентов работе с этим и другими сложными комплексами программ создан обучающий и контролирующий комплекс программ для ЭВМ с использованием «MathCAD 2000 Pro».

При составлении комплекса программ на «MathCAD 2000 Pro» необходимо выполнить следующее:

1. Составить механико-математическую модель движения управляемых осей автомобилей и автобусов.

Система дифференциальных уравнений, описывающая малые колебания управляемой передней оси с элементами рулевого привода и подвески автобуса, колеса которого имеют две основные степени свободы — θ и ψ , имеет вид:

$$J_1 \ddot{\psi} + h_1 \dot{\psi} + [c_1 + 2N(\sigma r + \rho)] \psi - \gamma_0 J \ddot{\theta} - 2 \frac{cv}{r} \dot{\theta} - 2\gamma_0 N(\sigma r + \rho)\theta + (ar + \sigma N)(\xi_1 + \xi_2) = 0, \quad (1)$$

$$J_2 \ddot{\theta} + h_2 \dot{\theta} + c_2 \theta - \gamma_0 J \ddot{\psi} + 2 \frac{cv}{r} \dot{\psi} - 2\gamma_0 N(\sigma r + \rho) \psi - \gamma_0 (ar + \sigma N)(\xi_1 + \xi_2) - b(\varphi_1 + \varphi_2) = 0,$$

$$\xi_1 - r\dot{\psi} + \gamma_0 r \dot{\theta} + \nu\theta + \nu\varphi_1 = 0,$$

$$\xi_2 - r\dot{\psi} + \gamma_0 r \dot{\theta} + \nu\theta + \nu\varphi_2 = 0,$$

$$\dot{\theta} + \dot{\varphi}_1 - \alpha \nu \xi_1 + \beta \nu \varphi_1 + \gamma \nu \psi - \gamma_0 \gamma \nu \theta = 0,$$

$$\dot{\theta} + \dot{\varphi}_2 - \alpha \nu \xi_2 + \beta \nu \varphi_2 + \gamma \nu \psi - \gamma_0 \gamma \nu \theta = 0,$$

где

$$J_1 = 2(A + mL^2) + B ;$$

$$J_2 = 2(A + ml^2) ;$$

$$J_3 = 2(A + mL) ;$$

$$L = L_1 + l ;$$

m — масса колеса со ступицей; L_1 — расстояние от центра масс подвески до центра шкворня; A — момент инерции колеса со ступицей относительно его диаметра; C — осевой момент инерции колеса; B — центральный момент инерции передней оси; r — радиус качения колеса; угловая скорость собственного вращения колеса $\left(\omega = \frac{v}{r} \right)$; v — линейная скорость центра колеса (или линейная скорость поступательного движения автобуса); γ_0 — продольный угол наклона шкворня; $2N$ — нагрузка на переднюю подвеску; ψ — угол поворота балки передней оси вместе с колесами относительно продольной оси автобуса; θ — угол поворота колес относительно шкворней; ξ_1 — боковая деформация левого пневматика; ξ_2 — боковая деформация правого пневматика; φ_1 — деформация скручивания левого пневматика; φ_2 — деформация скручивания правого пневматика; a — коэффициент боковой жесткости шины; b — коэффициент угловой жесткости шины; σ — коэффициент упругости шины; ρ — удельная угловая жесткость шины; α, β, γ — кинематические параметры пневматика; h_1 — коэффициент демпфирования (вязкого трения) в подвеске; h_2 — коэффициент демпфирования в рулевом управлении; c_1 — коэффициент жесткости шин и рессор подвески; c_2 — коэффициент жесткости рулевого управления.

Для моделирования вводятся вспомогательные переменные

$$\xi = \frac{\xi_1 + \xi_2}{2}, \quad \varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$$

и параметры

$$\eta_1 = 2N(\sigma r + \rho),$$

$$\eta = 2(ar + \sigma N),$$

$$c_0 = 2 \frac{c}{r} .$$

В соответствии с этими обозначениями система дифференциальных уравнений (1) упрощается и приобретает вид (2), который также как и (1) был использован для моделирования с помощью персонального компьютера:

$$\begin{aligned}
 J_1 \ddot{\psi} + h_1 \dot{\psi} + (c_1 + \eta_1) \psi - \gamma_0 J \ddot{\theta} - c_0 v \dot{\theta} - \gamma_0 \eta_1 \theta + \eta \xi &= 0 ; \\
 J_2 \ddot{\theta} + h_2 \dot{\theta} + c_2 \theta - \gamma_0 J \ddot{\psi} + c_0 v \dot{\psi} - \gamma_0 \eta_1 \psi - \gamma_0 \eta \xi - 2b\varphi &= 0 ; \\
 \dot{\xi} - r\dot{\psi} + \gamma_0 r \dot{\theta} + v\theta + v\varphi &= 0 ; \\
 \dot{\theta} + \dot{\varphi} - \alpha v \xi + \beta v\varphi + \gamma v\psi - \gamma_0 \gamma v\theta &= 0 .
 \end{aligned} \tag{2}$$

2. В системах дифференциальных уравнений (1) и (2) управляемыми параметрами являются:

$$m, c_1, h_1, g_0, c_2, h_2, l, L_1.$$

Неуправляемыми параметрами будут следующие характеристики:

$$r, a, b, s, \tau, a, b, g, 2N, V.$$

Скорость V является переменной величиной, изменяющейся в широком диапазоне.

Имеется ещё ряд параметров в дифференциальных уравнениях (1) и (2), которые зависят от значений управляемых параметров, например значения J_1, J_2, J, A, B, C зависят от величин m, l, L_1 .

На управляемые параметры с учётом технических требований, особенностей прототипа и т.д. накладываются ограничения в виде неравенств

$$l_{j \min} \leq l_j \leq l_{j \max}, \quad j = 1, 2, \dots, 8.$$

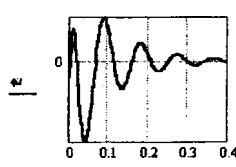
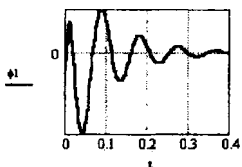
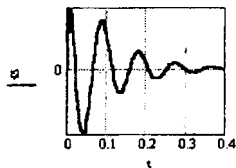
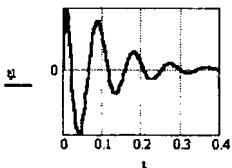
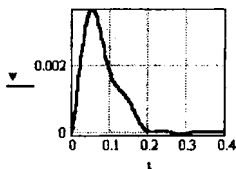
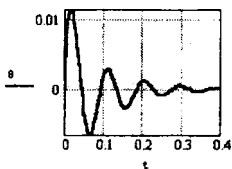
Все пределы изменения управляемых параметров сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Пределы изменения управляемых параметров

| Обозначение параметров | Пределы изменения параметров | |
|------------------------------|------------------------------|--------|
| | Inf | Sup |
| m , кг | 194 | 207 |
| c_1 , Н/м | 100000 | 187000 |
| c_2 , кН·м/рад | 0 | 180000 |
| h_1 , Н·с/м | 20000 | 30000 |
| h_2 , кг·м ² /с | 200 | 1500 |
| γ_0 , рад | -0,1 | 0,1 |
| l , м | 0,127 | 0,147 |
| L_1 , м | 0,898 | 0,938 |

3. Пример расчета фазовых переменных $\Theta, \psi, \xi_1, \xi_2, \varphi_1, \varphi_2$ при определенных значениях параметров дифференциальных уравнений приведен на графиках.



4. Изменяя одно или несколько значений параметров дифференциальных уравнений движения управляемых колес, получим новые графические зависимости фазовых переменных.

УДК 531.2.3.114:371.3

ОБУЧАЮЩИЙ И КОНТРОЛИРУЮЩИЙ КОМПЛЕКС ПРОГРАММ НА «MATHCAD 2000 PRO» ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ РУЛЕВЫХ ТРАПЕЦИЙ НА ИЗНОС ШИН

Ю. А. Гурвич

Постановка задачи. Для ряда автомобилей МАЗ и автобусов АМАЗ, имеющих разную базу M_j (размер M_j в мм, а j — число баз машин) 3300, 3550, 3600, 3950, 4100, 4800, 4900, 5010, 5400 и т. д. используется только одна рулевая трапеция (причём параметры её не являются оптимальными, хотя бы для одной из баз M_j машины), что наверняка вызывает повышенный износ шин у некоторых машин из этого ряда. Точно такая картина наблюдается, практически, на всех