

Ниже для простоты изложения параметр μ будем считать двумерным, а именно $\mu = (T, \lambda)$, где T и λ — скалярные параметры. Тогда уравнение (2) примет вид

$$y = B(T, \lambda)y + b(y, T, \lambda). \quad (3)$$

Пусть $\mu_0 = (T_0, \lambda_0)$ и оператор $B(T_0, \lambda_0)$ имеет собственное значение 1 кратности 2. Пусть e, g — это соответствующие линейно независимые собственные векторы.

Для определенности будем исследовать уравнение (3) на наличие правильной бифуркации по направлению вектора e . Пусть e^* и g^* — это собственные векторы, отвечающие собственному значению 1 сопряженного оператора $B^*(T_0, \lambda_0)$, которые выбраны в соответствии с условиями $(e, e^*) \neq 0$, $(g, g^*) \neq 0$, $(e, g^*) = (g, e^*) = 0$.

Т е о р е м а 1. Пусть выполнено условие:

$$\det \begin{bmatrix} (B'_T(T_0, \lambda_0)e, e^*) & (B'_\lambda(T_0, \lambda_0)e, e^*) \\ (B'_T(T_0, \lambda_0)e, g^*) & (B'_\lambda(T_0, \lambda_0)e, g^*) \end{bmatrix} \neq 0.$$

Тогда значение (T_0, λ_0) является правильной точкой бифуркации уравнения (3) по направлению вектора e .

При доказательстве теоремы 1 разработана процедура приближенного построения бифурцирующих решений уравнения (3). Приводятся приложения к исследованию бифуркации вынужденных колебаний и бифуркации Андронова-Хопфа в системах автоматического управления.

Юмагулов Марат Гаязович
Сибайский институт (филиал)
Башкирского государственного ун-та
Россия, Сибай (Башкортостан)
e-mail: yum_mg@mail.ru

Поступила в редакцию 25 апреля 2007 г.

ПОСТРОЕНИЕ КВАЗИОПТИМАЛЬНЫХ УПРАВЛЕНИЙ ПАРАМЕТРАМИ ВИБРОЗАЩИТНОГО ПОДВЕСА ПРИ СЛУЧАЙНОМ ВОЗМУЩЕНИИ

© И. В. Юшкин

Рассмотрена задача управления многомерным виброзащитным подвесом. Общий вид уравнений колебаний многомассовой системы, в предположении малости движений, записывается в матричном виде следующим образом:

$$M\ddot{x} + CU_\lambda + DU_{\dot{\lambda}} + f(\dot{x}, x, t) = 0,$$

где $\mathbf{M}$ — матрица масс, $\mathbf{x}$ — вектор-столбец перемещений тел подвеса размерностью n , $\mathbf{U}_\lambda$ — вектор-функция переключения жесткостей, $\mathbf{U}_{\dot{\lambda}}$ — вектор-функция переключения демпферов, $\mathbf{C}$ — матрица, учитывающая жесткости элементов подвески и коэффициенты приведения упругих сил к направлениям степеней свободы, $\mathbf{D}$ — матрица, учитывающая демпфирование элементов подвески и коэффициенты приведения демпфирующих сил к направлениям степеней свободы, λ_i — относительное перемещение в i -ом упругом элементе подвеса, $\dot{\lambda}_j$ — относительная скорость в j -ом демпфирующем элементе подвеса, $f(\dot{\mathbf{x}}, \mathbf{x}, t)$ — вектор-функция прочих сил и внешнего возмущения действующих на систему.

Решение ищется на основе принципа максимума Понтрягина. Получены выражения для определения законов квазиоптимального управления параметрами демпфирующих и позиционных сил в элементах подвеса для различных критериев качества виброзащиты многомерной системы. Функционал качества принимается в виде:

$$I = \int_0^t (\mathbf{B}\dot{\mathbf{x}})^2 dt,$$

где $\mathbf{B}$ — некоторая матрица-строка постоянных коэффициентов.

Разработан программный модуль для численной реализации законов управления в системе моделирования динамики систем твёрдых и упругих тел Фрунд.

Рассматривается алгоритм управления подвеской автомобиля. В качестве расчётной модели использовалась модель автобуса массой 8 т. Проведён расчетный анализ движения автобуса с управляемой подвеской по случайному микропрофилю (экспериментальные реализации дорог автополигона НАМИ) с постоянной скоростью.

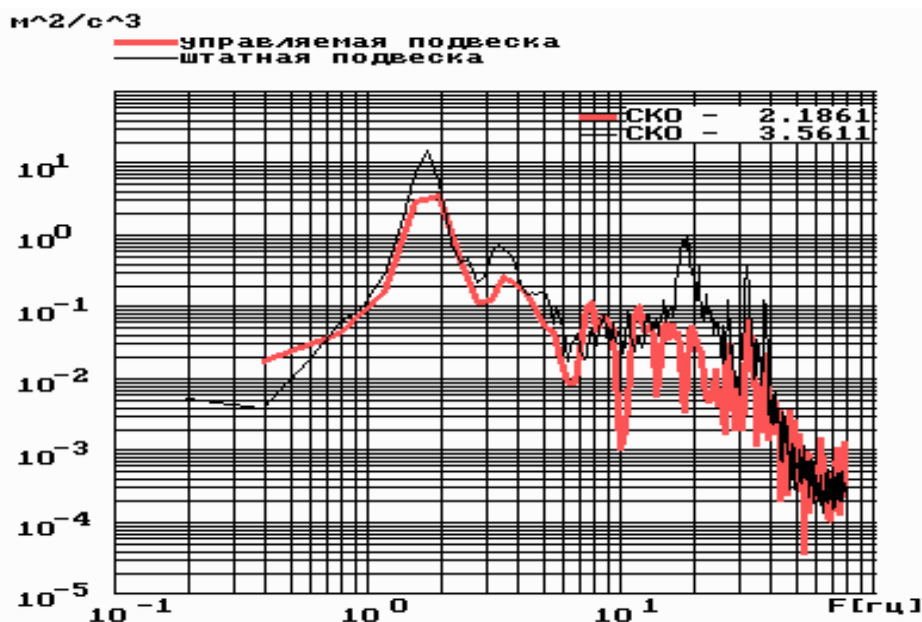


Рис. 1. Сравнительные спектры ускорений

На рис. 1 представлены расчётные спектры вертикальных ускорений в задней части модели автобуса при движении по ровному булыжнику для случаев управляемых и штатных подвесок. В качестве управляемого параметра использовалась жёсткость пневматического

элемента подвески. Изменение жёсткости регулировалось ступенчатым варьированием рабочего объёма пневматика. Анализ спектров показал, что при использовании управляемой подвески происходит уменьшение колебаний на частотах 1–3 Гц на 30–40%.

В результате проведённого вычислительного эксперимента выявлено, что управление параметрами подвеса даёт снижение уровня колебаний виброизолируемого объекта в 2–3 раза во всём частотном диапазоне 0,8–20 Гц в зависимости от типа управляемого параметра (жёсткости или демпфирования), а также вида критерия, который входит в формулировку принципа максимума.

Полученные законы оптимального управления могут быть использованы при разработке элементов виброзащитных устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болтянский В.Г. Математические методы оптимального управления. М.: Наука, 1968.
2. Генкин М.Д., Елезов В.Г., Яблонский В.В. Методы управляемой виброзащиты машин. М.: Наука, 1985.
3. Елисеев С.В., Волков Л.Н., Кухаренко В.П. Динамика механических систем с дополнительными связями. Новосибирск: Наука, 1990.
4. Рыбак Л.А., Синев А.В., Пашков А.И. Синтез активных систем виброизоляции на космических объектах. М.: Янус-К, 1997.

Юшкин Игорь Владимирович
Волгоградский государственный технический ун-т
Россия, Волгоград
e-mail: igor_ushkin@mail.ru

Поступила в редакцию 10 мая 2007 г.

ОЦЕНКА КОНЕЧНОМЕРНЫХ АППРОКСИМАЦИЙ РЕГУЛЯРИЗОВАННЫХ РЕШЕНИЙ

© Н. М. Япарова

При реализации методов решения требуется замена исходной бесконечномерной задачи её конечномерным аналогом. При этом важную роль играет величина погрешности полученных решений.

Пусть H — сепарабельное гильбертово пространство. $A : H \rightarrow H$ — линейный, положительно определенный вполне непрерывный оператор. Рассмотрим операторное уравнение

$$Au = f; \quad u, f \in H. \quad (1)$$