

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА УПРУГИХ ПНЕВМАТИКАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

Один из методов повышения устойчивости движения транспортных средств – устранение автоколебаний управляемых колес. Автоколебания зависят от многочисленных параметров, определяющих установку колес, кинематику и характеристики привода рулевого управления, упругие характеристики шин, подвески и т.п. Для устранения колебаний достаточно подобрать такие сочетания перечисленных параметров, при которых автоколебания управляемых колес не возбуждаются.

Исследование влияния перечисленных параметров на уровень колебаний рационально проводить при помощи математических моделей, записанных в виде систем нелинейных дифференциальных уравнений.

Отсутствие аналитических методов решения таких систем уравнений приводит к необходимости использования для этих целей быстродействующих ЭВМ. При моделировании реальных объектов с многими степенями свободы резко возрастает объем обрабатываемой информации. До настоящего времени нет универсальных стандартных программ обработки и анализа результатов моделирования сложных динамических систем. В связи с этим возникает необходимость в разработке такого математического обеспечения. Причем основная цель заключается в наглядности представления получаемых реализаций, в возможности вычисления их статистических характеристик и в разработке процедур для активного управления исследователем работой ЭВМ.

В настоящей статье предлагается несколько таких программ (GRAF, КЛЮЧ, СТАТ), разработанных для ЭВМ "Минск-32". Программы GRAF и СТАТ написаны на алгоритмическом языке Фортран, программа КЛЮЧ – на языке символического кодирования.

Программа GRAF предназначена для одновременного вывода на печать десяти графиков с максимальной скоростью работы устройства печати и с минимальным расходом оперативной памяти ЭВМ [1]. Данная программа позволяет

представить результаты интегрирования дифференциальных уравнений в виде графиков соответствующих масштабов. Последние определяются автоматически или задаются в исходных данных. Графики, на поле которых наносится координатная сетка, могут выводиться на печать порциями по n строк ($1 \leq n \leq 100$). Положение оси абсцисс и режим работы программы определяется значениями ее параметров.

Таким образом, исследователь имеет возможность наглядно представить характер протекания процесса движения транспортного средства в виде отдельных реализаций

$$Y = F(X_1, X_2, X_3, \dots, X_i, \dots, X_n), \quad (1)$$

где $X_1 = f_1(t)$ - функции времени, определяющие: перемещения центров масс моделируемой системы в вертикальной и горизонтальной плоскостях; изменения углов поворота управляемых колес вокруг шкворней, параметров деформации и т.п.

Система функций (1) в каждый конкретный момент времени однозначно определяет положение в пространстве всех элементов системы исследуемого транспортного средства.

Сервисная программа КЛЮЧ предназначена для гибкого управления выполнением различных блоков программы при помощи ключей пульта оператора. Это дает возможность изменять ход вычислительного процесса во время выполнения программы на ЭВМ по желанию исследователя.

Использование данной программы для решения задачи динамики движения транспортного средства позволяет в любой момент:

включить печать численных значений результатов интегрирования;

передать управление блоку вычисления и вывода на печать значений сил и моментов;

вызвать процедуру формирования и печати графиков;

передать управление блоку вычисления и печати статистических характеристик и т.д.

Программа СТАТ предназначена для вычисления основных статистических характеристик, автокорреляционной функции и спектральной плотности совокупности рассчитанных значений параметров исследуемой динамической системы. Программа предусматривает вывод на печать указанных статистических показателей в виде массивов численных значений и (или) графиков.

Для вычисления перечисленных статистических характеристик использованы стандартные подпрограммы системы математического обеспечения ЭВМ "Минск-32": СТ100 – вычисления десяти основных статистических характеристик совокупности; СТ200 – вычисления автокорреляционной и автоструктурной функций; ВСП1 – вычисления спектральной плотности [2].

Приведенный комплекс программного обеспечения использовался автором для обработки и анализа результатов моделирования динамики движения колесного трактора. Для проведения исследований была разработана математическая модель, состоящая из десяти нелинейных дифференциальных уравнений: шести динамических второго порядка и четырех уравнений кинематических связей первого порядка.

Моделирующий алгоритм реализован на языке Фортран и использует в качестве исходной информации: массогеометрические параметры трактора; упругие характеристики и коэффициенты вязкого сопротивления трактора; параметры для моделирования случайных возмущений от неровностей дороги [3]; индексы и масштабы переменных, для которых необходимо построить графики; индексы переменных задачи, для которых необходимо провести расчет статистических характеристик.

Результаты моделирования могут быть получены в любой из описанных выше форм.

Выводы 1. Универсальное математическое обеспечение позволяет существенно ускорить процесс и улучшить качество обработки и анализа результатов моделирования на ЭВМ любых динамических систем (автомобиль, трактор, автотракторные поезда и т.д.).

2. Процедура анализа состояния ключей пульта оператора ЭВМ "Минск-32" позволяет значительно облегчить и ускорить процесс исследования динамических свойств транспортных средств на упругих пневматиках.

Л и т е р а т у р а

1. Ясюкович Э.И. Оптимальный метод графической регистрации результатов счета на ЭВМ. – Тез. докл. на Республ. конф. "Волоконная оптика и ее применение в технологических измерениях". Могилев, 1978. 2. Математическое обеспечение ЭВМ "Минск-32". – Минск, 1973, вып.8, с.134-139, 145-146. 3. Фурунжиев Р.И. Вычислительная техника и ее применение. – Минск, 1975, с.335.