

относительно этих производных рекомендуется использовать формулы Крамера. Если исходная система дифференциальных уравнений содержит три и более уравнений, включающих в себя старшие производные, рекомендуется применять метод Гаусса с ведущим элементом.

УДК 519.271

## **АНАЛИЗ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

*Друтько Кирилл Иванович*

*Научный руководитель—канд. техн. наук, доцент А.С.Поварехо  
(Белорусский национальный технический университет)*

В работе проведен анализ существующих методик расчета собственных частот систем вращательного движения, и разработано программное обеспечение определения собственных частот и форм колебаний механических систем.

Одной из основных задач динамического расчета трансмиссий является определение собственных частот крутильных колебаний. При резонансе форма вынужденных колебаний практически совпадает с формой собственных колебаний, и при этом в валах трансмиссии возникают значительные по величине напряжения, опасные с точки зрения их прочности. Поэтому задача оценки собственных частот колебаний является весьма актуальной.

Для удобства исследования колебательных процессов в трансмиссиях последние представляют в виде динамической модели, состоящей из сосредоточенных масс, соединенных безинерционными упругими связями. Полученная в результате система является достаточно громоздкой, т.к. трансмиссия мобильной машины имеет сложную конструктивную форму. Расчеты таких систем на крутильные колебания очень трудоемки, а иногда и невыполнимы без использования ЭВМ и требуют разработки специальных программных средств.

В связи с этим были исследованы методики, использующиеся для определения собственных частот колебаний, и разработано программное обеспечение для их машинной реализации.

В качестве расчетных использовались два метода:

1. Метод остатка (метод Толле);
2. Метод цепных дробей (метод В.П. Терских).

Эквивалентная схема крутильно-колеблющейся системы состоит в общем случае из  $n$  масс с моментами инерции  $J_1, J_2, \dots, J_j, \dots, J_n$ , соединенных между собой безинерционным валом, имеющим на участках между массами податливости  $e_{1,2}, e_{2,3}, \dots, e_{n-1,n}$  (рис. 1). Ввод исходных данных осуществляется в диалоговом режиме. При этом задаются упругие и инерционные характеристики, и имеется возможность выбрать метод расчета, что позволяет сопоставить полученные результаты расчета.

| J1 | J2 | J3 | J4 | J5 | J6 |
|----|----|----|----|----|----|
| 1  | 2  | 2  | 3  | 4  |    |

| e1,2 | e2,3 | e3,4 | e4,5 | e5,6 |
|------|------|------|------|------|
| 1    | 1    | 2    | 2    | 1    |

Выберите метод расчета собственных частот

Метод Толле  
 Метод Терских

Справка    Метод    Расчет

Рис. 1. Диалоговое окно ввода исходных данных

В результате расчета определяются собственные частоты и относительные амплитуды собственных крутильных колебаний эквивалентной системы.

Установлено, что из общего числа частот собственных колебаний практический интерес представляют только те частоты, резонанс с которыми может вызвать опасные напряжения в элементах исследуемой системы трансмиссии мобильной машины в результате вынужденных колебаний. Исходя из вышесказанного, расчет методом Толле прекращается, если собственная частота превысит 25000 Гц; расчет методом Терских ведется до 25000 Гц.

Результаты расчета представляются в графической и числовой формах для каждой из вычисленных собственных частот (рис. 2).

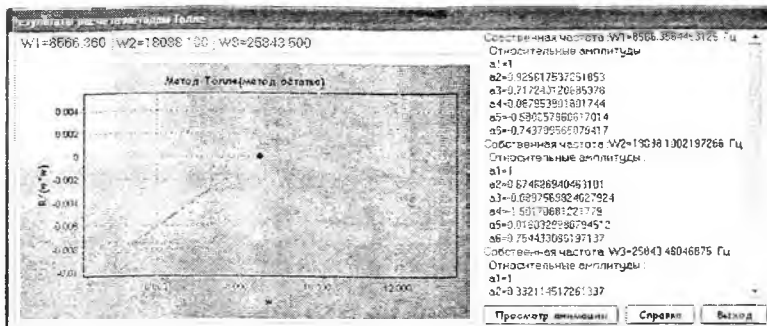


Рис. 2. Диалоговое окно результатов расчета

Формы колебаний представляются в виде анимационного представления с выводом относительных амплитуд колебаний в каждый момент времени (рис. 3).

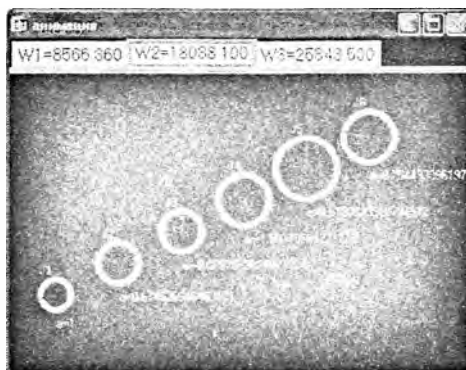


Рис. 3. Представление форм колебаний динамической системы

Таким образом, разработанное программное обеспечение позволяет определить собственные частоты и формы колебаний сложных динамических систем, совершающих вращательное движение, и может быть использовано при функциональном анализе трансмиссий машин на стадии проектирования.

Разработанная методика расчета и программное обеспечение внедрено в учебный процесс на кафедре «Тракторы».