

К РАСЧЕТУ ПРОГНОЗИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Канд. техн. наук, доц. ЧЕПЕЛЕВА Т. И.

Белорусская государственная политехническая академия

Эксплуатационные свойства, надежность и долговечность создаваемых динамических систем транспортных машин в значительной степени зависят от характеристик трансмиссии проектируемых машин и методов их расчета. Поэтому дальнейшее развитие моделирования систем, совершенствование методов их расчета способствуют повышению надежности и эффективности автомобильного транспорта и его эксплуатационных качеств, а также увеличению долговечности узлов и деталей машин.

Как известно, современный прогнозируемый расчет позволяет обеспечивать достоверность заданных функциональных характеристик, однако требует проведения большого объема работ с применением компьютерной техники для определения нагрузочных режимов узлов и деталей машин, поскольку динамическую схему транспортной машины можно представить в виде многомассовой системы, включающей различные нелинейности. В таком случае обычно прибегают к методу конечных элементов, который, как правило, используется при динамических расчетах конструкций сложной конфигурации для систем с распределенными массами.

В том случае, когда сложную колебательную систему можно разделить на несколько подсистем, динамические характеристики которых определяются сравнительно просто, применяются методы динамических податливостей и жесткостей, которые представляют собой обобщение на динамические задачи механики методов сил и перемещений.

Методы расчета становятся тем более громоздкими, чем сложнее структура рассматриваемой системы.

Простейшим является способ задания формы колебаний системы и сведения ее к системе с одной степенью свободы с применением простых приближенных формул (Рэлея и т. д.), что позволяет при удачной аппроксимации получить достаточно точное значение низшей собственной

частоты колебаний системы, однако при этом другие ее динамические характеристики остаются нераскрытыми.

Следует отметить, что схематизация реальной системы, имеющей несколько степеней свободы, достигается при использовании метода Рэлея–Ритца. В этом случае форма колебаний системы задается в виде выражения, содержащего определенное число параметров.

Метод прямой дискретизации позволяет свести реальную систему к системе с конечным числом степеней свободы. Чем больше число элементов (при разбиении системы на части), тем ближе расчетная схема к исходной системе.

Если элементы выбраны однотипными, то удобно использовать матричные методы (начальных параметров в форме матриц перехода и прогонки). Используя матрицы перехода к регулярным системам, удается получить замкнутые расчетные формулы при произвольном числе элементов.

В методе последовательных приближений задача об определении собственных частот и форм колебаний сводится к многократному расчету деформаций системы под действием известной статистической нагрузки.

Для расчета вынужденных колебаний системы применяется метод главных координат: разложение движения системы по формам собственных колебаний, а для расчета вынужденных гармонических колебаний с учетом диссипативных сил – метод комплексных амплитуд. В задачах случайных колебаний пользуются методом обобщенных координат, поскольку метод разложения по координатным функциям, как и в детерминистических задачах, открывает путь для аналитического и численного решений различных задач случайных колебаний. Этот метод – одна из реализаций метода спектральных представлений, поскольку в его основе лежат задание внешних воздействий и отклик системы на них в форме рядов. Метод спектральных представле-

ний весьма удобен для решения задач динамики, поскольку позволяет заменить операции над случайными функциями операциями, действующими над некоторыми детерминистическими базисными функциями.

Вероятностные характеристики выходного процесса получают при решении вспомогательной детерминистической задачи со стандартными действиями над случайными функциями.

Метод дифференциальных уравнений относительно моментных (корреляционных) функций дает вероятностное описание входных и выходных процессов посредством задания моментных функций младших порядков или функций, легко выражающихся через них (корреляционных функций, спектральных плотностей и т. п.).

Следует отметить, что нелинейности обычно линеаризуются, и нелинейную систему можно свести к линейной с помощью существующих методов линеаризации. Поэтому, как правило, n -массовую систему при достаточно большом n можно разбить на k подсистем, где $k < n$, и при дальнейших исследованиях мы можем получить довольно точные оценки прогнозируемых параметров динамической системы.

Динамическая система транспортного средства – детерминированная система. Ее собственные колебания – некоторые неслучайные функции. И, как известно, на транспортное средство при движении по дороге, а это движение можно рассматривать как поступательное, действуют периодический (неслучайный) крутящий момент от двигателя и случайные (периодические или импульсные возмущения от дорожных неровностей). Таким образом, следует рассматривать данные воздействия как периодические, случайные, импульсные, а поскольку сюда входят случайные воздействия, то можно рассчитать и их характеристики: математические ожидания, дисперсии, корреляционные функции и провести исследования системы на устойчивость, а тем самым и на долговечность.

При выборе расчетной схемы число звеньев по возможности уменьшают, поскольку это приводит к понижению порядка системы дифференциальных уравнений и упрощает решение задачи.

При составлении расчетной схемы В. М. Семеновым, Н. А. Микуликом предложено учитывать реактивные звенья, что позволяет более точно сопоставить результаты решения на цеп-

ных и разветвленных динамических моделях с данными экспериментов.

Существует много методов определения собственных частот, обусловленных наличием инерционных масс, упругих связей и их взаиморасположением. Автором получен алгоритм, позволяющий по готовой формуле вести расчет собственных колебаний динамической системы, содержащей достаточно большое число масс. Для этого решена задача построения полиномов матриц и расчета их корней. Зная собственные частоты колебаний, можно построить формы собственных колебаний.

Чтобы определить динамические нагрузки в интересующих нас звеньях, необходимо согласно математической модели динамической схемы найти решения довольно-таки сложной системы дифференциальных уравнений. Если она линейная, а правая часть ее есть ничто иное, как сумма нескольких случайных функций или алгебраическая сумма случайных и периодических функций, или случайных, периодических и импульсных соответственно: $F(t) = f(t) + v(t) + r(t)$, то при совсем малых значениях n ее легко решить методом сведения системы линейных дифференциальных уравнений к одному дифференциальному высшему порядка и провести необходимые расчеты, используя работу в системах компьютерной математики MATHCAD, MATHEMATICA, MAPLE, MATLAB.

Для расчета амплитуд крутящих моментов, т. е. нагрузочного режима динамической системы транспортного средства, используя операционный метод решения систем n -линейных дифференциальных уравнений, последовательные обобщения и строгие математические доказательства теорем, автор получил аналитические выражения решений и по этим алгоритмам провел исследования колебательных процессов отдельных звеньев трансмиссии транспортной машины в зависимости от типовых характеристик внешних возмущений (случайных, периодических, импульсных). По разработанным алгоритмам получены аналитические выражения для расчета максимальных нагрузок и передаточных функций сложных динамических систем.

Следует отметить также, что в широком спектре решений задач динамики используются и приближенные методы решений систем дифференциальных уравнений, в частности метод Рунге–Кутты. Однако приближенные методы

решений не дают требуемой точности результатов.

Проведенные классификация существующих методов расчета прогнозируемых параметров динамических систем и численный сравнительный расчет их эффективности показали, что точность расчета амплитуд нагрузок, полученных аналитическим методом и приближенным (Рунге–Кутта) с экспериментом, выше на 12...15 % в пользу аналитического.

Из проведенного анализа результатов расчета дисперсий нагружения трансмиссии транспортной машины следует, что дисперсия нагрузочно-го режима при случайном воздействии дорожных неровностей на автомобиль выше, нежели при периодическом.

Результаты получены при исследовании колебаний узлов трансмиссии автомобилей МАЗ-6422 с рессорной и пневматической подвесками.

*Рецензент докт. техн. наук,
проф. ИСАЕВИЧ Л. А.*

УДК 621.9.02

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

*Докт. техн. наук, проф. ФЕЛЬДШТЕЙН Е. Э.,
канд. техн. наук, доц. КОРНИЕВИЧ М. А.*

*Зеленогурский университет (Республика Польша),
Белорусская государственная политехническая академия*

Высокая стоимость современного машиностроительного производства способствует широкому использованию автоматизированных технологий. Одним из факторов, определяющих их развитие, является автоматический контроль рабочего состояния режущих инструментов, наиболее эффективный способ которого – их мониторинг (непрерывный контроль).

Все методы контроля текущей работоспособности режущего инструмента можно условно разделить на методы прямого контроля, основанные на регистрации износа инструмента, и косвенного, использующие физические явления, которые сопровождают процессы резания и изнашивания инструмента.

Для прямого контроля могут применяться следующие разновидности устройств.

Оптические устройства. Для оценки длины стержневых режущих инструментов (сверл, метчиков) используются сравнительно простые конструкции со встроенными фотоэлементами. Если инструмент находится между источником излучения и датчиком и перекрывает зону излучения,

то это сигнализирует о его исправности. Контроль осуществляется либо после каждого рабочего хода, либо в перерывах между обработкой деталей.

Развитие оптических систем позволило создать устройства для измерения износа инструмента в тот момент, когда он не находится в контакте с заготовкой. Действие таких устройств основано на том, что площадка износа лучше, чем остальные поверхности инструмента, отражает световые лучи. Изменения в интенсивности отраженного светового излучения, попадающего через оптическую систему на светочувствительный элемент, свидетельствуют об износе инструмента [1].

Разновидностью оптических устройств являются телевизионные камеры с системами распознавания образов, с помощью которых можно оценивать как износ, так и сколы режущих кромок.

Высокими точностью измерения (до 1 мкм) и технологическими возможностями обладают лазерные устройства [2]. Они позволяют обнаружить либо поломку инструмента, либо его ис-