

## ВЛИЯНИЕ РЕЦЕПТУРЫ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТА НА ВИБРОАКУСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ ✓

Д. А. ЧЕРНОУС

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

При функционировании механизмов детали машин подвергаются периодическим силовым воздействиям, вызывающим деформационные (продольные, крутильные и изгибные) колебания элементов конструкций. Эти колебания являются, в частности, одним из основных источников шума в зубчатых передачах. Наиболее распространенный подход к описанию и прогнозированию вертикальных колебаний транспортных средств на подвеске и вибраций деталей машин основан на использовании упрощенной одномассовой динамической модели. Характеристики элементов данной модели определяются геометрическими и инерционными параметрами моделируемой системы, а также механическими характеристиками материалов, из которых изготовлены детали механизма.

В настоящее время в конструкциях различных механизмов широко используются полимерные материалы и дисперсно-армированные композиты на их основе. Применение полимерных композитов позволяет в широком диапазоне варьировать значения деформационных характеристик материала для обеспечения требуемых жесткости, прочности и виброакустических параметров изделия. Одним из основных инструментов для определения оптимальной рецептуры композита является математическая (аналитическая или эмпирическая) модель, позволяющая прогнозировать эффективные механические характеристики при заданных характеристиках компонент. При анализе вибраций механизмов, содержащих детали из полимерных композитов, подобная модель должна обеспечивать приемлемые расчетные оценки всего комплекса вязкоупругих характеристик материала. В известных научных публикациях, посвященных описанию вибраций механических передач, не проводится достаточно подробный анализ влияния релаксационных и вязкоупругих характеристик полимеров на виброакустические параметры рассматриваемых механизмов. Исследование такого влияния позволит более эффективно выбирать рецептуру конструкционных полимерных композитов для снижения динамической нагруженности и уровня шума различных механизмов.

В связи с вышесказанным целью настоящей работы является установление зависимости динамических параметров механических передач от вязкоупругих характеристик и рецептуры композитного материала, используемого в конструкции.

В результате составления и решения динамических уравнений колебаний груза, прикрепленного к вязкоупругому невесомому стержню, были получены выражения для коэффициентов жесткости и вязкого сопротивления в одномассовой модели рассматриваемой системы при продольных, изгибных и крутильных установившихся вынужденных колебаниях. Анализ данных выражений позволил предложить способ учета реологических свойств материала, из которого изготовлена деталь механизма, в рамках одномассовой динамической модели вибраций данного механизма. Показано, что для этого в выражениях для коэффициента жесткости упругие модули материала следует заменить действительными компонентами соответствующих комплексных динамических модулей. При расчете коэффициента вязкого сопротивления в тех же выражениях для коэффициента жесткости модули упругости заменяются отношением мнимой компоненты динамического модуля к частоте деформирования. Данная замена правомерна только при моделировании установившихся гармонических колебаний. Определяемый при этом коэффициент вязкого сопротивления позволяет учесть только часть механических потерь, обусловленную внутренним трением в материале.

Для расчета эффективных комплексных динамических модулей дисперсно-наполненного полимерного композита использовались континуальная теория дислокаций и модель Мори – Танаки. При этом материалы наполнителя и матрицы рассматривались как линейно термовязкоупругие. Ядра релаксации материалов компонент выбирались в виде суммы экспоненциальных функций. Температурная зависимость времени релаксации описывалась уравнением Вильямса – Ланделла – Ферри. Первоначально в соответствии с моделью Мори – Танаки составлялись аналитические выражения для эффективных упругих модулей композита. Затем в данных выражениях упругие модули материалов компонент заменялись соответствующими комплексными динамическими модулями,



зависящими от температуры и частоты деформирования. Полученные зависимости эффективных комплексных моделей композита от температуры и частоты аппроксимировались теми же функциями, которые описывают деформирование компонент. При этом использовалась гипотеза о наложении спектров релаксации компонент. В результате выполнения описанной математической процедуры определены параметры композита, характеризующие зависимость действительной и мнимой компонент комплексных динамических модулей от температуры и частоты. Данные параметры зависят от объемной доли наполнителя в композите.

В качестве примера использования разработанной математической модели рассмотрена зубчатая передача, в которой зубья обоих шестерен изготовлены из угленаполненного политетрафторэтилена. Установлены зависимости уровня звукового давления при работе данной передачи от объемной доли наполнителя в материале зубьев. Показано, что увеличение объемного содержания жесткого наполнителя приводит к росту собственных частот рассматриваемой системы. При использовании матричного материала с менее выраженными реономными свойствами (полиэтилен высокой плотности) амплитудные значения уровня звукового давления оказываются значительно выше, чем для ПТФЭ.

Таким образом, разработана и апробирована расчетная методика описания вибраций механических систем, содержащих элементы из наполненных полимерных композитов.

УДК 629.423:621.33

## РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ УСТРОЙСТВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЕЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

*Е. И. ШЕРШНЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Контактная сеть (КС) электрифицированной железной дороги является специфическим элементом системы тягового электроснабжения, которая по своей природе в принципе не может иметь резерва. Эксплуатация ее затруднена в условиях интенсивного движения.

Уникальность объекта предъявляет повышенные требования к его конструкции объекта, способам технической эксплуатации и проектирования. Поэтому существует научная проблема обеспечения высокой вероятности попадания с первого раза проектного решения в заданные показатели качества функционирования. Если этого не получится, то исправить ошибку проектирования представится возможным только при очередной реконструкции КС.

Для снижения себестоимости проектных работ, повышения точности расчетов необходима автоматизация проектирования, которая затруднена из-за отсутствия формализации процессов проектирования. Есть целый ряд источников, где перечисляются требования, которым должен отвечать готовый план КС, а также описания приёмов, следуя которым можно добиться желаемых результатов. Большинство авторов исследования сходятся во мнении, что качество проектирования в значительной степени зависит от мастерства и опыта проектировщика. Проблема, однако, заключается в том, что такие категории как «мастерство» и «опыт» в данном контексте трудно формализуемы.

Цель данной работы – развитие теории и методов формализации, реализация объектов и процедур автоматизированного проектирования.

Считается, что применение САПР (Система автоматизированного проектирования) позволяет в 4–5 раз сократить сроки проектирования контактной сети КС, на 3–5 % снизить стоимость строительства в результате оптимизации проектных решений. В 70-х годах прошлого века в ЦНИИС (Научно-исследовательский институт транспортного строительства) была предпринята попытка разработки САПР для однопутного перегона. Была реализована версия на ЕС ЭВМ (электронная вычислительная машина), которая обеспечивала оптимальную расстановку опор КС с использованием метода динамического программирования, что позволяло экономить в среднем одну опору на 1 км пути. Следующим этапом должно было стать распространение программы на двухпутный перегон. В настоящее время все ЭВМ единой серии демонтированы, имеется DOS-версия программы, которая нуждается в доработках.