

РАСЧЕТ УРОВНЯ ШУМА ПОЛИМЕРНЫХ И КОМПОЗИТНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Черноус Д. А.

Белорусский государственный университет
транспорта, г. Гомель, Беларусь

В настоящее время при проектировании машин и механизмов наряду с обеспечением надежности и долговечности конструкции решается задача снижения уровня шума при работе механизма. Один из способов решения подобной задачи для зубчатых передач состоит в замене цельнолитых шестерен на металлополимерные зубчатые колеса [1, 2]. При этом существенно снижается ударная сила, действующая на зуб, и, как следствие, уровень шума. Кроме того выраженные реономные свойства полимерных материалов обуславливают высокий уровень поглощения механической энергии при циклическом нагружении. Данное обстоятельство также приводит к снижению уровня шума при использовании полимеров. До настоящего времени при расчетах виброактивности и уровня шума зубчатых передач не уделяется достаточно внимания учету вязкости материала зуба [2, 3].

Для обеспечения требуемой жесткости и прочности конструкции, содержащей элементы из полимерных материалов, производят армирование полимера волокнами или дисперсными частицами [2]. В известных работах [1-3] отсутствует подробный анализ данного влияния наполнителя на вязкоупругие характеристики композита и, следовательно, на уровень шума при работе механизма. В монографии [1] проанализировано влияние вязкоупругих характеристик материала полимерного зубчатого кольца на коэффициент полезного действия передачи. Однако при этом не исследовались динамические вибрационные параметры рассматриваемого механизма. В работе [2] установлены зависимости прочностных параметров зубчатой передачи от объемной доли наполнителя в материале зубчатого кольца. Однако в рамках предложенного в [2] подхода не учитывается вязкость компонент композита.

В связи с вышесказанным, целью настоящей работы является установление зависимости уровня шума и параметров динамической нагруженности зубчатых передач, содержащих элементы из полимерного композита, от вязкоупругих характеристик полимера и содержания наполнителя.

В конструкциях механических передач полимерные композитные материалы чаще используются при изготовлении зубчатых колес [1]. При этом коэффициенты жесткости и вязкого сопротивления в одномассовой динамической модели передачи [3] определяются вязкоупругими характеристиками материала зубьев. В результате проведенных исследований было показано, что для учета вязкости этого материала в известном выражении для коэффициента жесткости передачи [1] требуется заменить модуль Юнга на зависящую от частоты деформирования действительную

компоненту комплексного динамического модуля упругости. Для определения коэффициента вязкого сопротивления достаточно в том же выражении заменить модуль Юнга отношением мнимой компоненты комплексного модуля к частоте деформирования. Если материал зубьев является композитным, то для определения его эффективного комплексного динамического модуля используется модель Мори-Танаки [4]. При этом в соответствии с упруго-вязкоупругой аналогией для учета вязкости компонент их упругие характеристики заменяются соответствующими комплексными модулями.

Определив, таким образом, коэффициенты жесткости и вязкого сопротивления динамической модели, можно описать колебание передачи при периодическом импульсном воздействии. В промежутке между импульсами передача совершает свободные колебания. В момент приложения импульса (соударения зубьев) системе передается «избыточная» скорость v_u , зависящая от смещения u_0 в тот же момент времени. Условие периодичности движения позволяет составить систему нелинейных уравнений для начальных скорости v_0 и смещения u_0 . Зная начальные условия u_0 и v_0 , можно определить максимальное значение амплитуды свободных колебаний v_{max} . Величина v_{max} позволяет оценить уровень звукового давления при работе передачи [3].

В качестве примера использования описанной расчетной методики была рассмотрена прямоугольная передача с однопарным зацеплением. Получены расчетные спектры уровня звукового давления данной передачи для различных полимерных композитных материалов зубьев.

Результаты использования разработанной методики свидетельствуют о том, что повышение доли наполнителя в композитном материале зуба сопровождается как увеличением частоты свободных колебаний, так и возрастанием резонансных значений уровня звукового давления. Для более жесткого полимерного матричного материала с менее выраженными реономными свойствами уменьшается ширина резонансов, а резонансные значения уровня звукового давления возрастают.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белый В. А., Старжинский В. Е., Щербаков С. В. Металлополимерные зубчатые передачи. – Минск: Наука и техника, 1981. – 352 с.
2. Шилько С. В., Старжинский В. Е., Черноус Д. А., Петроковец Е. М. Двухуровневый метод расчета трибосопряжений из дисперсно-армированных композитов: Часть 2 // Трение и износ. – 2014. – Т. 35, № 1. – С. 52-61.
3. Ишин, Н. Н. Динамика и вибромониторинг зубчатых передач. – Минск: Беларуская навука, 2013. – 432 с.
4. Wang, Y. M., Weng G. J. The influence of inclusion shape on the overall viscoelastic behavior of composites // Journal of Applied Mechanics. – 1992. – Vol. 59. – P. 510-518.