

прочных материалов. М., 1972. 5. Ящерицын П.И. Технологическая наследственность и эксплуатационные свойства шлифованных деталей. Минск, 1971. 6. Ящерицын П.И., Зайцев А.Г. Повышение качества шлифованных поверхностей и режущих свойств абразивно-алмазного инструмента. Минск, 1972.

УДК 65-752

О.В. Берестнев, канд.техн.наук,
В.М. Врублевский, С.К. Скороходов,
Е.С. Яцура, канд.техн.наук

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРОАКТИВНОСТИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

В настоящее время установлены причины вибраций и шума зубчатых колес и выявлены технологические факторы, играющие основную роль в их возникновении, а именно: кинематическая погрешность, различие в фактических размерах основных шагов у ведущего и ведомого колес, мгновенное изменение жесткости зубчатого зацепления при переходе от двухпарного зацепления зубьев к однопарному, погрешности профилей зубьев и некоторые другие.

Как известно, параметрами, характеризующими вибрацию, являются смещение, скорость, ускорение и частота. Поскольку значения смещения, скорости и ускорения взаимосвязаны посредством простых операций (дифференцирования и интегрирования), то можно измерять любой из этих параметров. Однако в настоящее время обычно определяют величину виброускорения, так как полезный частотный диапазон датчиков ускорения значительно шире по сравнению с датчиками скорости и смещения.

Уровень вибраций зависит от действующего, среднего и амплитудного значений виброускорений (m/c^2). В процессе экспериментов необходим контроль вибраций и шума, предусматривающий определение общего уровня и спектрального состава шума и вибраций, возникающих в процессе вращения во взаимном зацеплении проверяемого и образцового зубчатых колес.

Для исследования виброактивности зубчатых передач в Институте проблем надежности и долговечности машин (ИНДМАШ) АН БССР спроектированы и изготовлены испытательные стенды по разомкнутой динамометрической схеме. Стенды с разомкнутым контуром предпочтительнее стендов, вы-

полненных по схеме с замкнутым силовым контуром: они имеют более простую кинематическую схему и создают меньше помех, искажающих результаты измерений виброакустических характеристик.

Стенд, выполненный по разомкнутой схеме, включает электродвигатель постоянного тока, испытательную коробку с испытываемыми зубчатыми колесами, нагружающее устройство, а также системы смазки, охлаждения, защиты, управления и контроля. Вместо испытательной коробки может быть установлен исследуемый рабочий узел машины. Валы механизмов соединены втулочно-пальцевыми муфтами, а механизмы установлены на массивной цельнолитой фундаментной плите.

Испытательная коробка состоит из двух полукорпусов, причем один из них имеет возможность поворота в горизонтальной плоскости для создания требуемого перекаса валов и закрепляется неподвижно, а другой может быть передвинут по направляющим плиты до требуемого межцентрового расстояния при помощи дифференциального винтового устройства. В качестве нагружателей используются электромагнитные порошковые тормоза серии ПТ...М, обеспечивающие тормозные моменты от 0 до 250 кгс·м. Вследствие низкого уровня собственного шума и вибраций тормоза этой серии являются весьма совершенным средством для виброакустических испытаний машин и их элементов под нагрузкой. Все узлы и детали стенда надежны в работе, достаточно просты по конструкции и могут быть изготовлены без значительных затрат по чертежам ИНДМАШ АН БССР.

Для исследования виброакустических характеристик зубчатых передач наиболее широко стали использоваться электрические приборы для измерения механических колебаний. В общем случае такие приборы для вибрационного анализа состоят из четырех основных блоков: вибродатчика (акселерометра), предусилителя, анализатора и прибора для считывания данных (самописца). Колебания непосредственно воспринимаются вибродатчиками. Наибольшее распространение получили вибродатчики с пьезоэлектрическими преобразователями вследствие их простоты, надежности, удовлетворительной стабильности и относительно высокой чувствительности малых габаритов и веса.

Из отечественной аппаратуры, отличающейся универсальностью и возможностью подключения различного рода регистрирующих приборов, наиболее совершенным, по нашему мнению, является спектрометр СИ-1 с приставкой-индикатором пределов уровней (Таганрогского завода "Виброприбор"). Спектрометр

СИ-1 позволяет измерять электрические сигналы, виброускорение, виброскорость, вибросмещение, уровень звукового давления по общему уровню (в октавных и третьооктавных полосах частот) и производить ряд других операций. В качестве вибрационного пьезоэлектрического датчика применяется первичный измерительный вибропреобразователь типа Д28, с рабочим диапазоном от 2 до 45000 Гц (при измерении параметров вибраций в диапазоне от 2 до 10000 Гц датчик может работать в составе виброизмерительной аппаратуры, обеспечивающей линейную амплитудно-частотную характеристику).

Для исследований виброакустических характеристик может быть использован также переносной комплект аппаратуры ВА-2, состоящий из коммутатора с встроенным предусилителем, блока управления и измерительного усилителя. Аппаратура работает в комплекте с пьезоэлектрическими вибродатчиками Д13 и Д14. Измерения могут производиться одновременно в 10 точках. Датчики переключаются при помощи коммутатора и блока управления. Однако аппаратура ВА-2 имеет меньшую чувствительность и более узкий рабочий диапазон по сравнению со спектрометром-индикатором СИ-1.

Методика предусматривает два этапа сравнительных исследований виброактивности опытных и серийных зубчатых колес. Основные исследования проводятся в лабораторных условиях на испытательных стендах в широком диапазоне скоростей и нагрузок с измерением общего уровня и спектрального состава вибраций и шума. При этом программа испытаний включает проведение экспериментов в режимах, близких к эксплуатационным. На втором этапе исследования проводятся в сокращенном объеме непосредственно в условиях эксплуатации с определением только общих уровней вибраций.

При составлении программы стендовых испытаний весь диапазон возможных эксплуатационных скоростей и нагрузок в пределах $1,2M_{kmax}$ разбивается по возможности на 5...6 интервалов. Режимы испытаний задаются сочетаниями граничных значений скоростей и нагружающих крутящих моментов. На каждом из режимов измеряются общие уровни вибраций и анализируется их спектральный состав по величинам действующих и амплитудных значений виброускорения в пределах спектра частот 100...12500 Гц с интервалами в 1 или 1/3 октавы. Обязательным является измерение виброускорения зубчатых пар на частотах, близких к расчетным значениям собственных, зубцовых и кратных им. Длительность испытаний на каждом режиме

определяется временем проведения всех измерений при установленном режиме работы.

На основании полученных данных строятся графики в координатах "частота - виброускорение" для каждой ступени частот вращения и нагрузки, что позволяет определить пиковые значения виброускорений на резонансных частотах и экспериментально проверить значения собственных частот, полученных расчетным путем.

Для исследования характера зависимости общего уровня виброускорения от нагрузки на определенных частотах вращения, а также от скорости при определенных ступенях нагрузок строятся графики в координатах "крутящий момент - виброускорение" и "частота вращения - виброускорение". Для удобства сравнения результатов на одном и том же графике строятся кривые для серийного и опытных образцов зубчатых пар.

Резюме. Предлагаемые основные методические положения были проверены в ИНДМАШ АН БССР при проведении сравнительных испытаний виброактивности серийных зубчатых колес и колес с пониженной виброактивностью.

УДК 621.836.2:621.9.06-529

В.Ф. Горошко, канд. техн. наук,
В.О. Ситов, А.М. Зиндер

РЕЦИРКУЛЯЦИОННАЯ НАПРАВЛЯЮЩАЯ

Дискретный характер перемещений, необходимость высокой жесткости и чувствительности к линейным перемещениям исполнительных органов (столов) станков с числовым программным управлением (ЧПУ), а также наличие рабочих ходов, превышающих длину исполнительных органов, качественно изменили традиционные конструкции направляющих для линейных перемещений. Известные конструкции направляющих с размещенными в сепараторах телами качения не удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям, так как при дискретных (прерывистых) перемещениях стол проскальзывает относительно тел качения, что снижает чувствительность к перемещениям и приводит к его сходу с направляющих. Кроме того, конструктору трудно совместить длину стола и рабочий ход, превышающий ее по длине.

Поэтому все шире в станках с ЧПУ находят применение конструкции с использованием рециркуляционных бессепаратор-