

МЕТОДИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВИБРОПАРАМЕТРОВ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕАНИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДОВАНИЯ

Р. А. Понкрашкин

Филиал Кузбасского государственного технического университета
имени Т.Ф. Горбачева в г. Прокопьевске
г. Прокопьевск, Россия

Вибрация и шум, генерируемые подшипниками при вращении, являются важными характеристиками качества многих машин и приборов.

Вибрация и шум подшипников имеют не только потребительское значение. Важность этих параметров связана еще и с тем, что они характеризуют состояние объекта, являясь диагностическими факторами. Исследование машин и приборов с помощью виброакустической аппаратуры позволяет заблаговременно определять возникающие в них дефекты и предотвращать поломки и аварии.

Таким образом, проблемы вибрации и шума подшипников выдвигаются на передний план, играя двойную роль: характеризуя качество подшипников и являясь диагностическими факторами. И в том, и в другом случаях необходимо, прежде всего, разобраться в причинах возникновения вибрации и шума, найти их основные источники и определить закономерности образования.

В соответствии с ГОСТ 24346-80 под вибрацией подшипника понимается движение точки или механической системы, при котором происходят колебания характеризующих его скалярных величин. Вибрация оценивается общим уровнем вибрации (ОУВ), величина которого является одним из основных показателей назначения [1].

ОУВ – это величина виброускорения, виброскорости в радиальном направлении точки по наружной образующей поверхности невращающегося наружного кольца при вращении внутреннего кольца, измеренная при установленных условиях и режимах.

Измерение ОУВ может осуществляться различными способами. Измерения ускорения или скорости вибрации, согласно стандарту [2], обычно проводятся в трех частотных диапазонах: 50-300 Гц, 300-1800 Гц,

1800-10000 Гц. Выбор этих частотных диапазонов обусловлен пониманием механики подшипника. Низкочастотный диапазон (50-300 Гц) соответствует первым гармоникам волнистости дорожек качения, средний диапазон вибрации (300-1800 Гц) – средним гармоникам волнистости колец и нижним гармоникам волнистости шариков, верхний диапазон (1800-10000 Гц) – высшим гармоникам волнистости дорожек качения и шариков. Для исследовательских целей находят узкополосные анализаторы с шириной полосы $1/3$ или $1/12$ октавы.

К основным источникам вибрации подшипников качения можно отнести следующие (по степени значимости):

1. Структурная вибрация (даже для идеальных подшипников), имеет два источника:
 - 1.1. Контактные силы, действующие со стороны шариков на кольца и вызывающие изгибные деформации колец.
 - 1.2. Колебания жесткости подшипника при вращении в результате действия радиальной нагрузки.
2. Вибрация, обусловленная погрешностями изготовления дорожек качения и шариков.
3. Вибрация, обусловленная неоднородностью упругих свойств материалов.
4. Вибрация, обусловленная смазкой подшипника.
5. Вибрация, обусловленная загрязнением подшипников.
6. Вибрация, вызванная колебаниями сепаратора.
7. Вибрация, обусловленная единичными дефектами дорожек качения и шариков.

В рамках данной работы задача технологического обеспечения требуемых вибропараметров подшипника решалась с исполь-

МЕТОДИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВИБРОПАРАМЕТРОВ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕАНИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДОВАНИЯ

зованием основных положений механики технологического наследования, что вызвало необходимость проведения экспериментальных исследований с целью формирования начальных и граничных условий, а также установления влияния ряда операций обработки на конечные свойства поверхностного слоя деталей подшипников [3].

При проведении экспериментов исследовались закономерности технологической наследственности, на примере колец подшипников №310А, на этапах: «резание – термическая обработка – шлифование – полирование – общий уровень вибрации – контактная долговечность».

В каждой серии экспериментов кольца отбирались в порядке схода со станка и нумеровались. Проводилось измерение и за-

пись по поверхностям качения после каждой операции: отклонений от круглости; круглограмм; виброактивности; размеров, отклонений формы и расположения.

Для оценки ОУВ была отобрана выборка из наружных (310А-01), внутренних (310А-02) колец и шариков (310-03). Указанные детали были обработаны по действующей технологии, отсортированы по группам и подготовлены к сборке. Исследование ОУВ проводилось с использованием приводной установки КВП-1М и частотного анализатора бельгийской фирмы "Брюль и Кьер" мод. 2131 по параметрам виброскорости и виброускорения.

Предельные значения виброактивности наружных и внутренних колец приведены в таблице 1.

Таблица 1

Тип кольца	Максимальные (числитель) и минимальные (знаменатель) значения виброактивности (мкм/с) при полосе частот фильтра, Гц				
	35-50	50-100	100-300	300-1800	1800-10000
310-01	82/3	550/62	700/110	1200/150	150/33
310-02	250/25	400/57	700/55	800/50	500/45

Анализ таблицы 1 показывает, что: виброактивность наружных колец находится в пределах от 3 до 1200 мкм/с; виброактивность внутренних колец находится в пределах от 25 до 800 мкм/с; виброактивность для внутреннего и наружного колец имеет максимальное значение в диапазоне частот 300-1800 Гц, что соответствует числу волн на окружности от 19 до 98 для внутреннего и от 26 до 154 для наружного колец.

Далее проанализировали отклонения от круглости колец подшипников. Для этого по записанным на приборе Талиронд 73 профилограммам в различных диапазонах частот 1-500, 1-150, 1-50, 1-15, 15-500 (цифры означают количество неровностей на один оборот шпинделя) производилось измерение: отклонения от круглости; отклонение от радиуса; отклонение угла профиля. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

№ подшипника	Диапазон частот				
	1-500	1-150	1-50	1-15	15-500
	Места отклонений от круглости				
1	1-2/2	1-2/3-4	3/3-4	4/1	5/5
2	1/1	2/2	3/4	4/5	5/3
3	1/1	2/2-3	3/2-3	4/4	5/5
4	1/3	2/1-2	3/4	4/5	5/1-2
5	1/1-2	2/1-2	3/3	4/4	5/5
Итого: сумма мест	5,5/8,5	9,5/10	15/17	20/19	25/19,5

Определили, какие виды отклонений зафиксировал прибор в каждом частотном диапазоне. В технологии машиностроения принята классификация неровностей шага к высоте: L/H

< 50 – шероховатость; $50 < L/H < 1000$ – волнистость; $L/H > 1000$ – погрешность формы.

Для определения шага неровностей определили длину окружностей желобов ко-

лец исходя из номинальных размеров. Поделили длину окружности на количество волн, равное величине частотного диапазона. Получили шаг неровностей. Полученный шаг

неровностей относили к максимальной высоте волны (отклонению от круглости) в данном частотном диапазоне (таблица 3).

Таблица 3

Параметр неровностей	Диапазон частот				
	1-500	1-150	1-50	1-15	15-500
Шаг неровностей H , мм	0,622/ 0,383	2,073/ 1,276	6,22/ 3,83	20,73/ 12,76	20,73-0,622/ 12,76-0,383
Максимальная высота, $H_{\max}$, мм	0,00602/ 0,00708	0,006/ 0,00615	0,00592/ 0,00497	0,00546/ 0,00334	0,00258/ 0,00637
$L/H_{\max}$	103,3/ 54,1	345,5/ 207,5	1050,7/ 770,6	3796,7/ 3820,4	3796-103,3/ 3820,4-54,1

В дальнейшем были собраны подшипники и измерен ОУВ.

Анализ результатов показал, что: общий уровень вибрации подшипников с металлическим сепаратором колеблется от 85 до 105 дБ при нормированных 92 децибелах; вид сепаратора практически не оказывает влияния на общий уровень вибрации. Это влияние становится заметным при частотах $f > 5000$ Гц, не характерных для работы подшипника № 310А; экстремумы виброускорения во всех случаях зафиксированы при $f = 350-400$ Гц и $f = 2000-2500$ Гц.

Далее определили, какие виды неровностей вызывают экстремумы виброускорения в указанных частотных диапазонах. Для этого сопоставили частотные диапазоны, в которых проводились испытания виброактивности, отклонения от круглости и ОУВ по виброускорению. Такое сопоставление является условным и справедливо для идеального абсолютно твердого шара по реальному желобу.

Исходя из экспериментальных данных выявили, что интерес представляют отклонение от круглости в диапазонах частот 1-150 Гц и 1-50 Гц (т.е. волнистость) при контроле на приборе типа Талиронд-73 и отклонение от круглости в диапазонах частот 100-300 и 300-1800 при контроле виброактивности на приборе типа MWK-150.

Как говорилось, причиной появления вибраций является волнистость, проявляющаяся в определенных частотных диапазонах. Сопоставление параметров волнистости с параметрами режима резания (с частотой вращения изделия и шлифовального круга) позволило установить, что погрешность такого уровня переносят на кольца желобошлифовальные и желобополировальные станки. В процессе шлифования возникает волни-

стость высотой до 0,0115 мм на наружных и 0,01276 мм на внутренних кольцах. Это приводит к виброактивности колец до 3000 мкм/с в диапазоне 300-1800 Гц. Последующее полирование снижает высоту неровностей примерно в 2,0-2,5 раза. При этом виброактивность в диапазоне 300-1800 не превышает 575 мкм/с для наружных и 120 мкм/с для внутренних колец.

Для оценки влияния микроструктуры и микротвердости на ОУВ провели дополнительный эксперимент в условиях ЗАО «Автосельхозснаб».

Многочисленные результаты экспериментальных исследований систематизируются, выполняется энтропийный анализ по методу проф. А.Б. Логова [4]. Для изучения степени влияния каждого параметра эксперимента на результат реализуется численное представление степени зависимости результата от параметра. Наиболее рациональным решением этой задачи стало применение модельного вида представления параметров эксперимента.

Список литературы:

1. ГОСТ 24346-80. Вибрация. Термины и определения.
2. American National Standard of rolling bearing vibration and noise. ANSI B3.13 – 1976. 7р.
3. Блюменштейн В.Ю., Смелянский В. М. Механика технологического наследования на стадиях обработки и эксплуатации деталей машин. – М.: Машиностроение-1, 2007. – 400 с.
4. Логов А.Б. Анализ состояния уникальных объектов. Учебное пособие/А.Б. Логов, Р.Ю. Зама-раев, А.А. Логов; ГОУ ВПО «Кемеровский государственный университет». – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2009. – 199 с.