

УДК 621.88.084

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И УСЛОВИЙ НАГРУЖЕНИЯ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШАРИКОВЫХ РАДИАЛЬНЫХ ПОДШИПНИКОВ

Д. ЭЛЬМЕССАУДИ

(Белорусский национальный технический университет, Минск)

Рассмотрено с использованием компьютерного моделирования влияние геометрических параметров и условий нагружения на динамические характеристики шариковых радиальных подшипников. Показана необходимость повышения точности изготовления тел качения и колец шарикоподшипников, а также рационального выбора условий монтажа и эксплуатации подшипниковых узлов.

Отказы техники в большинстве случаев связаны с подшипниковыми узлами. При этом под отказом следует помнить не обязательно разрушение трущихся поверхностей, а выход одной из характеристик подшипникового узла за допускаемые пределы. Критериями отказа могут быть увеличение неустойчивости момента сопротивления вращению колец, чрезмерно большое и непостоянное смещение центра масс подшипника, неустойчивость частоты вращения, повышенная вибрация и малая жесткость [1].

Одной из основных причин отказа является неравномерное распределение нагрузки, действующей на подшипник, между отдельными телами качения. Эта неравномерность особенно ярко проявляется в радиальных подшипниках, и обусловлена геометрическими особенностями этих подшипников, погрешностями их изготовления и монтажа [2].

Ниже рассматриваются некоторые теоретические положения о влиянии характера распределения нагрузки между шариками подшипника 6-305AE на его работоспособность.

В радиальном подшипнике при вращении тел качения возникает центробежная сила. Она прижимает каждое тело качения к беговой дорожке наружного кольца. При высокой частоте вращения, инерционные и гироскопические силы стремятся нарушить кинематику подшипника [1]. При этом характеристики подшипникового узла, такие как устойчивость частоты вращения, собственная частота осевых колебаний, амплитуда вибраций на данной частоте, мощность и т.д., претерпевают изменения. Эти отклонения происходят чаще всего вследствие изменения геометрических параметров подшипника (разномерность шариков, смещение их центров тяжести и др.) [2].

Для выяснения влияния геометрических параметров тел качения и колец на динамические характеристики радиального шарикоподшипника 6-305A производилось компьютерное моделирование с использованием программы APM Win Bear.

Исходными данными в расчетах принимались параметры подшипника:

- внешний диаметр - 62 мм;
- внутренний диаметр - 25 мм;
- диаметр тел качения - 11,509 мм;
- число тел качения - 7;
- число рядов тел качения - 1;
- точность;
- радиальное биение дорожки качения внешнего кольца - 0,013 мкм;
- радиальное биение дорожки качения внутреннего кольца - 0,008 мкм.

Работа подшипника рассматривалась при радиальной силе - 2500 Н и скорости вращения 6700 об /мин при коэффициенте динамичности 1,3.

Результаты расчетов, приведенные на рис. 1, 2, показывают, что все характеристики подшипникового узла претерпевают изменения в период работы подшипника.

На рис. 3 приведены характерные зависимости распределения нагрузки между телами, которые демонстрируют, что при вращении подшипника распределение нормальной силы между телами качения не равномерно и непостоянно, а число нагруженных шариков меняется.

Результаты моделирования показывают, что разномерность шариков по диаметру оказывает определенное влияние на изменение распределения радиальной нагрузки между шариками. При вращении

подшипника шарики с большими диаметрами вызывают перераспределение нагрузки между другими шариками от минимума до максимума.

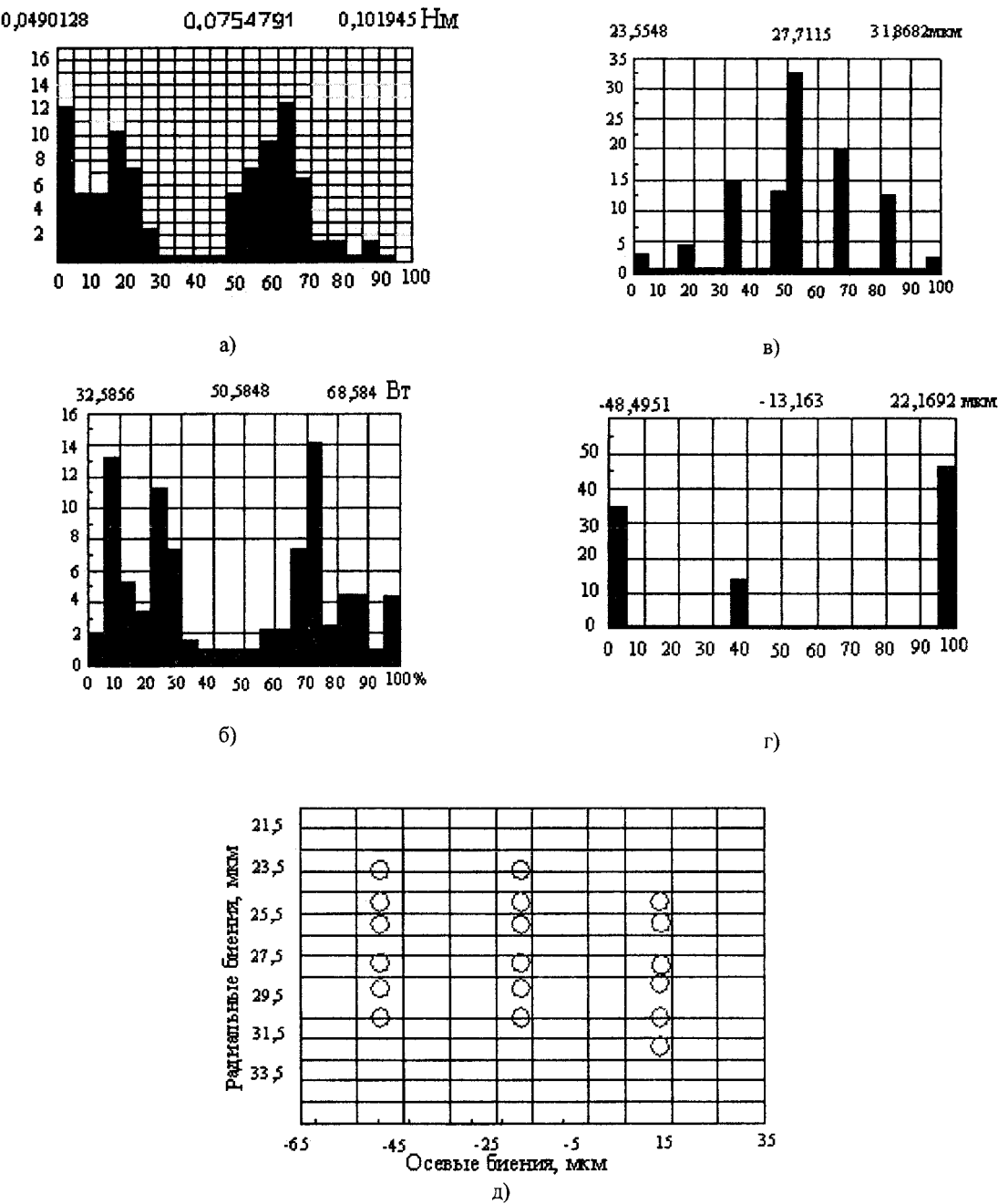


Рис. 1. Гистограммы изменения динамических параметров подшипника 6-305 АЕ при постоянной нагрузке: момента трения (а), потери мощности (б), радиальных (в) и осевых (г) биений (в процентах) и поле биений (д), в мм

Зависимости распределения нагрузки в период работы (рис. 3) показывают:

- нагрузка на шарики в поз. 3, 5 большее, чем нагрузка на центральный шарик поз. 4; нагрузка на шарики поз. 1, 2, 6, 7 - нулевая (рис. 3, I);
- нагрузка на шарик (поз. 3) уменьшается, но значение нагрузки на шарики поз. 4, 5 почти не изменяется; нагрузка на шарики поз. 1, 2, 6, 7 нулевая (рис. 3, II);
- нагрузка на центральный шарик увеличивается до максимума, увеличивается и нагрузка на шарики поз. 3 и 6; нагрузка на шарик поз. 5 уменьшается; нагрузка на шарики поз. 1, 2, 7 - нулевая (рис. 3, III);
- нагрузка на шарики поз. 1, 2, 3, 6, 7 нулевая, только 2 шарика поз. 4, 5 нагруженные.

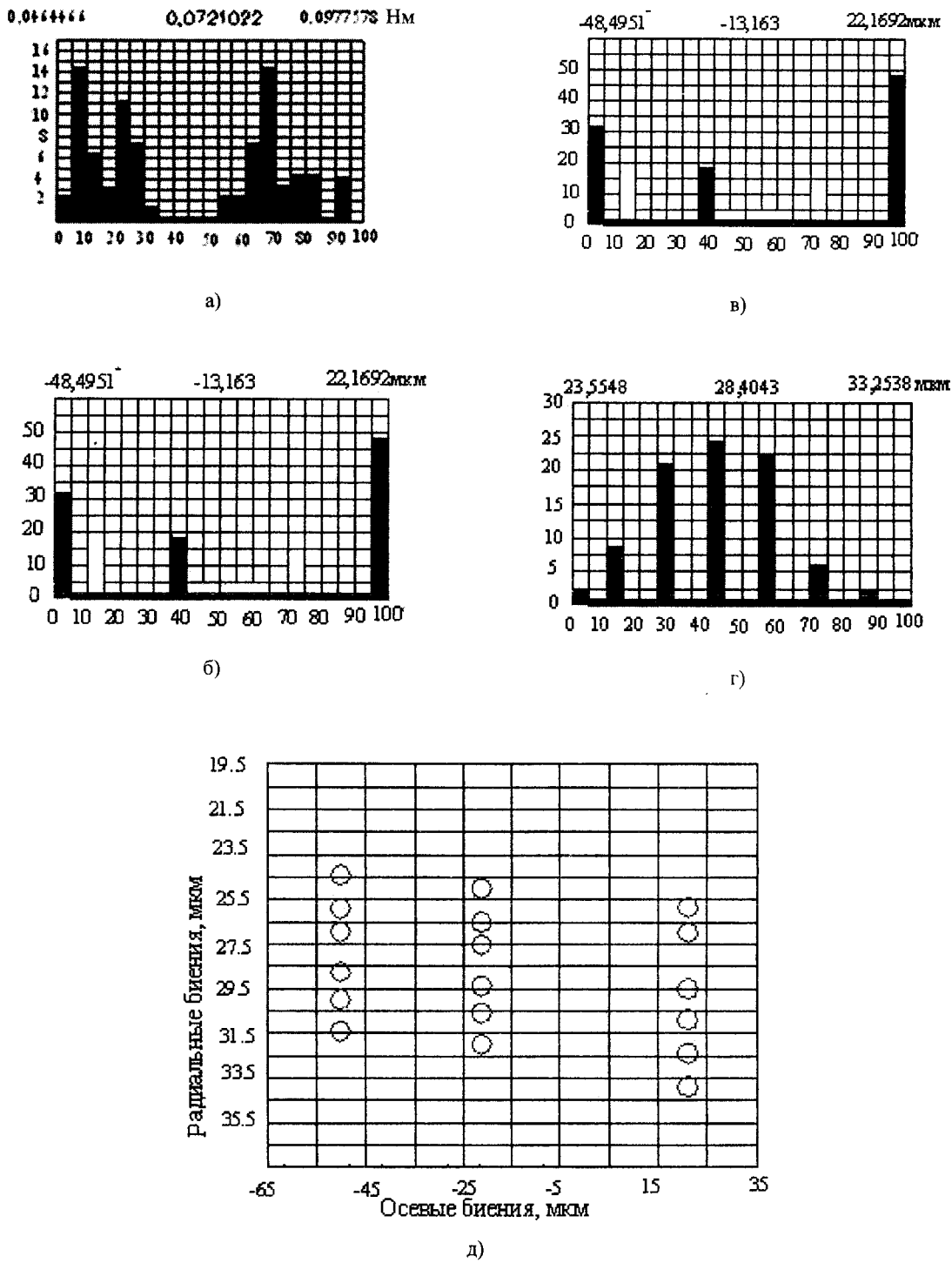


Рис. 2. Гистограммы изменений динамических параметров подшипника 6-305 АЕ при переменной нагрузке: момента трения (а), потери мощности (б), радиальных (в) и осевых (г) биений (в процентах) и поле биений (д), в мкм

Шарики воспринимают пульсирующую нагрузку аналогично динамической. При этом процесс качения шариков сопровождается дополнительным скольжением.

При постоянной нагрузке радиальные биения и распределение соответствует закону Гаусса, а при переменной нагрузке радиальные биения не симметричны.

Потери энергии (см. рис. 1, 2) вследствие действия момента трения значительны. Повышенное скольжение шариков ускоряет процесс изнашивания шариков и дорожек качения, что приводит к уменьшению срока службы подшипника.

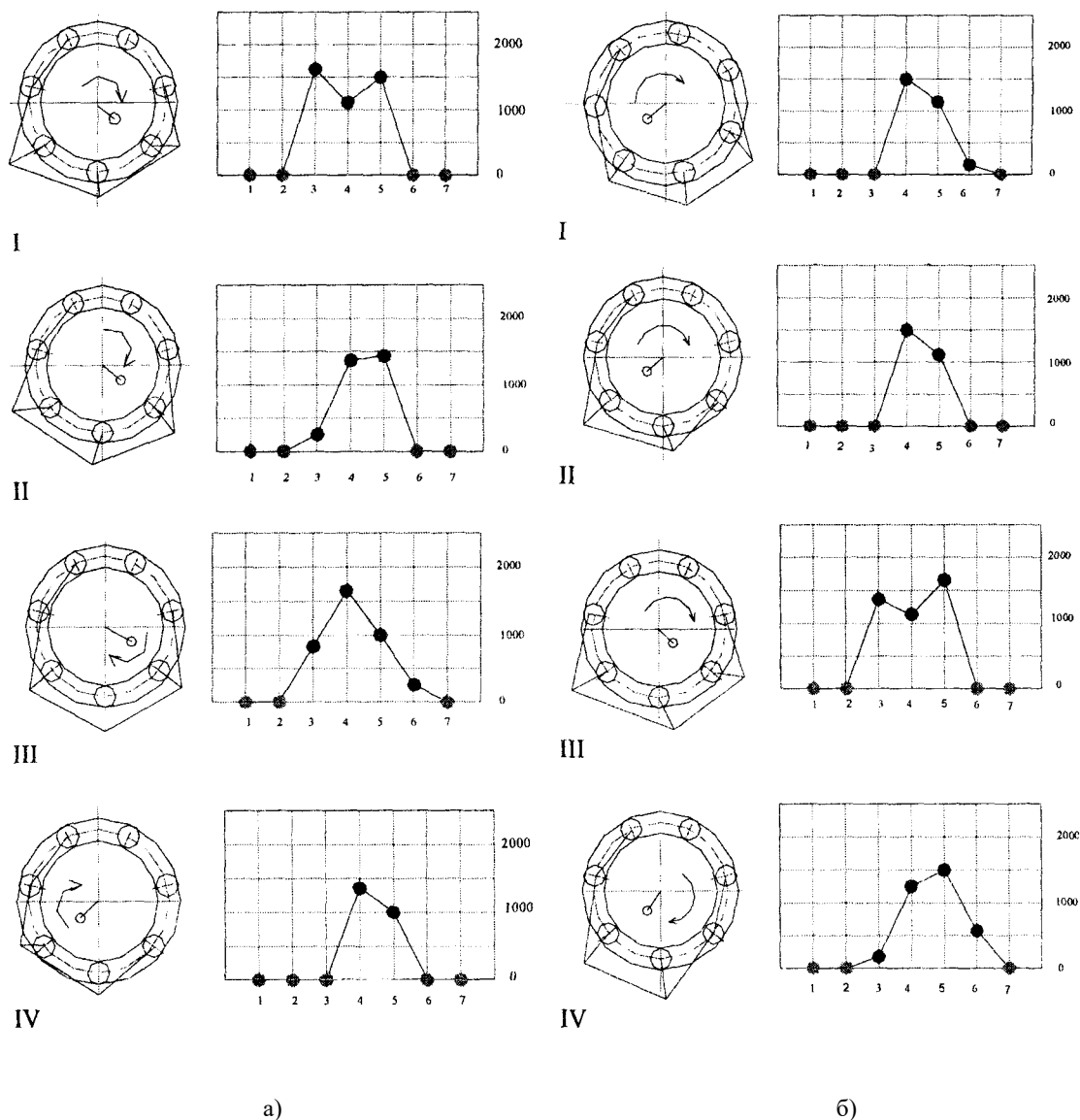


Рис. 3. Зависимости распределения нормальной нагрузки (в Н) на различных стадиях (I или IV) между телами качения (1 - 7) в период работы подшипника 6-305AE при постоянном (а) и переменном (б) нагружении

Таким образом, одной из важных практических задач является снижение общего уровня вибрации подшипникового узла. Для этого необходимо уменьшать погрешности изготовления колец и тел качения, и обеспечивать рациональный выбор конструктивных параметров и усилий осевого натяга подшипника.

В результате вопросы, связанные с изготовлением, монтажом и использованием подшипников, целесообразно решать при помощи пакетов объектного моделирования, позволяющих визуализировать движения и взаимодействия его элементов при различных условиях нагружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галахов М.А., Бурмистров А.Н. Расчет подшипниковых узлов. - М.: Машиностроение, 1988. - 272 с.
2. Герасимова Н.Н., Суханова В.В. Исследование влияния волнистости рабочих поверхностей деталей радиальных шарикоподшипников на уровень вибрации // Труды Всесоюзного научно-исследовательского конструктивно-технологического института подшипниковой промышленности. - 1965. - № 2. - С. 74-83.