

Моделирование связанной задачи динамики движения деталей роликовых подшипников и износа их рабочих поверхностей

А.М. Бражникова

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Обоснование. Влияние друг на друга процесса износа и динамики роликовых подшипников рассматривалось лишь в небольшом числе опубликованных работ. При этом исследовались только отдельные аспекты этого вопроса, большинство предложенных моделей носит описательный характер, многие модели используются только их авторами. Вместе с тем во всех работах подчеркивается большая теоретическая и практическая важность учета влияния износа на динамическое поведение, несущую способность и долговечность роликоподшипников. Изложенное наряду с анализом причин отказов подшипников свидетельствует о высокой научной и прикладной актуальности разработки и реализации полноценной методики связанного моделирования динамики и износа деталей роликовых подшипников.

Цель — повышение долговечности роликовых подшипников.

Методы. Моделирование рассматриваемой связанной задачи выполняется путем многократного поочередного расчета динамических характеристик движения деталей подшипника, учитывающего изменение геометрии их рабочих поверхностей вследствие износа, и скорости износа рабочих поверхностей в зависимости от соответствующих контактных сил и скоростей скольжения. Движение деталей подшипника рассчитывается методом многомассовой динамики с учетом гидродинамических условий контакта и разрывных связей между деталями. Для расчета скорости износа рабочих поверхностей подшипника используется прямой численный метод, согласно которому продолжительность одного установившегося оборота сепаратора разделяется на шаги по времени, на каждом из которых в зависимости от толщины масляной пленки определяется коэффициент износа, рассчитывается поле контактного давления и, с использованием закона Арчарда, текущие скорости износа по линиям на рабочих поверхностях. Далее определяется глубина износа за принятый период эксплуатации подшипника, корректируются профили рабочих поверхностей и опять проводится динамический расчет. Изложенная процедура повторяется для последующих периодов эксплуатации до тех пор, пока не будет достигнут заданный ресурс подшипника.

Результаты. При моделировании определяются все необходимые для расчета износа кинематические и динамические характеристики подшипника: силы, скорости, коэффициенты трения, траектории, взаимное расположение контактирующих деталей. На рис. 1 в качестве примера для цилиндрического

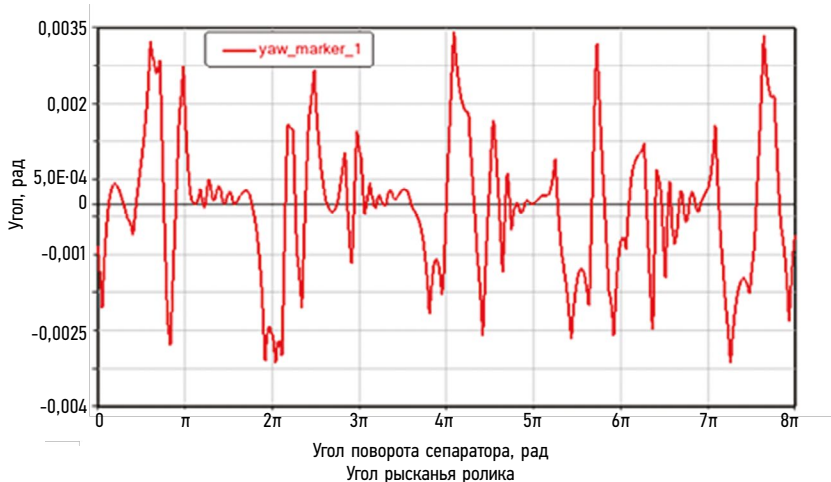


Рис. 1. Изменение угла рысканья ролика

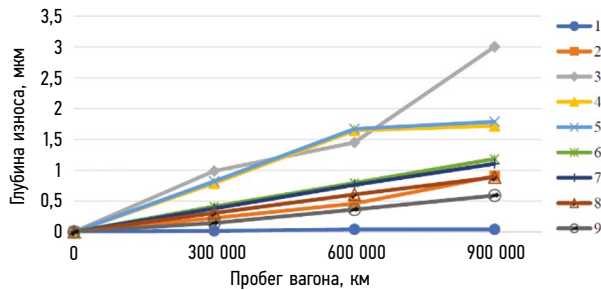


Рис. 2. Износ ролика, расчет с периодом пробега вагона 300 000 км

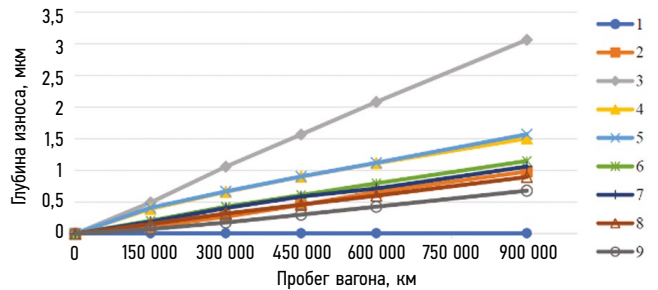


Рис. 3. Износ ролика, расчет с периодом пробега вагона 150 000 км

роликотподшипника с диаметрами ролика 11 мм и внутренней дорожки качения 181,5 мм приводит к изменению угла рысканья ролика — его несоосности с внутренним кольцом в касательной плоскости дорожки качения за четыре последовательных оборота сепаратора. Большие перекосы возникают в ненагруженной зоне.

Определенную для первоначальных профилей ролика и дорожки качения внутреннего кольца скорость износа необходимо пересчитывать после определенного периода эксплуатации, чтобы учесть вызванные износом изменения геометрической формы рабочих поверхностей. Результаты такого расчета для всех линий износа ролика двухрядного конического буксового роликотподшипника грузового железнодорожного вагона представлены на рис. 2 и 3. Видно, что при большом временном шаге решение становится неустойчивым.

Результаты расчета с периодом 150 000 км показывают устойчивое изменение скорости износа как для ролика (рис. 3), так и для дорожки качения внутреннего кольца. Дальнейшее уменьшение периода пересчета условий взаимодействия роликов и колец не приводит к сколько-нибудь заметному уточнению накопленной величины износа. Из полученных результатов также следует, что износ дорожки качения внутреннего кольца происходит примерно в 1,5 раза быстрее, чем износ роликов.

Выводы. В настоящее время численное многомассовое моделирование динамики подшипников в сочетании с учетом вызванных износом изменений геометрии рабочих поверхностей является наиболее адекватным и эффективным подходом к решению рассматриваемой связанной задачи.

Ключевые слова: динамика роликовых подшипников; износ рабочих поверхностей; многомассовая система твердых тел; связанная задача; динамическое моделирование.

Список литературы

1. Клебанов Я.М., Мурашкин В.В., Бражникова А.М. Пошаговое моделирование износа рабочих поверхностей роликовых подшипников // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2023. Т. 22, № 2. С. 42–56. doi: 10.18287/2541-7533-2023-22-2-42-56

Сведения об авторе:

Александра Максимовна Бражникова — аспирант, старший преподаватель кафедры «Механика»; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: brazhnikova_98@mail.ru

Сведения о научном руководителе:

Яков Мордухович Клебанов — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Механика»; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: jklebanov@mail.ru