

МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЖИДКОСТНЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

©2016 Е.Ф. Паровой

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

GLOBAL TRENDS OF JOURNAL BEARING DEVELOPMENT

Parovay E.F. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The work presents a comprehensive analysis of contemporary Russian and foreign publications (France, China, Japan, USA and others) in journal bearings area. As a result, has been identified main trends in the development of fluid journal bearings. These include the transition to non-classical liquids as the working fluid and the working surfaces texturing as a method to improve the bearing performance (including friction reduction). The main trend is to improve computational theories and techniques of journal bearings design process. Continuous development of computers allows taking into account turbulence phenomena and multi-phase nature of working fluid, which significantly improves the accuracy of calculation models. The approach of creating new journal bearing designs and high-precision calculating methods should be comprehensive and include theoretical and experimental stages.

Подшипники скольжения (ПС) принципиально отличаются от подшипников всех других типов, они обладают постоянной жёсткостью и способны работать практически без износа в режиме жидкостной и газовой смазки на высоких скоростях вращения, а также хорошо демпфируют колебания, что соответствует жёстким требованиям, предъявляемым к узлам современных машин и агрегатов. Главной целью проектирования подшипникового узла является создание его экономически эффективной конструкции. При этом комплексная оптимизация направлена на достижение наилучшего сочетания функциональных свойств, эксплуатационных и технологических характеристик. Для повышения качества разработки российских подшипниковых узлов различного целевого назначения необходимо учитывать мировой опыт и направления совершенствования конструкции и методов проектирования. Целью работы является выявление основных тенденций развития науки и техники в области ПС на основе проведения анализа современных российских и зарубежных публикаций.

Перспективные конструкции сегментных ПС. В настоящее время сегментные ПС наиболее активно используются и совершенствуются. Среди них подшипники с самоустанавливающимися вкладышами, которые обладают высокой устойчивостью и демпфирующими характеристиками, в том числе и за счёт подвеса вкладышей на упругом материале. Для таких подшипников перспективным направлением является сниже-

ние расхода смазки (малорасходные подшипники, условия масляного голодания). В гидростатических (подпятники ГЭС) и гидродинамических подшипниках несущая способность может быть повышена за счёт применения гибких вкладышей, обеспечивающих адаптивный механизм деформации. Перспективна разработка многоцелевых активных подшипников, способных контролировать свои параметры, например, в экстремальных условиях работы.

Совершенствование расчётных теорий ПС. Включение теплового анализа и симуляции вихреобразования является одной из главных задач по разработке теоретических моделей подшипников скольжения (модификации уравнений). Для исследования характеристик подшипников с самоустанавливающимися и эластичными вкладышами используются термоэластогидродинамические модели (модели М. Филона, Ю. Байбородова, Д. Чайлдс).

Учёт режимов турбулентности. В последние годы ПС всё чаще работают в турбулентном режиме течения, например, подшипники больших диаметров, эксплуатирующиеся на маловязких жидкостях, для высокооборотных турбомашин. Следствием данного факта является необходимость включения турбулентности в расчётные модели.

Новые материалы, покрытия и смазки: повышение износостойкости.

Неклассические жидкости. В настоящее время большинство смазочных материа-

лов уже не являются ньютоновскими жидкостями из-за использования различных добавок для улучшения смазочных характеристик подшипников, кроме того, в процессе эксплуатации в смазку поступают грязь и продукты износа. Многочисленные исследования показали, что в общем для турбулентного режима течения ПС, работающие на самых распространённых неньютоновских жидкостях - микрополярных, обладают повышенной несущей способностью и устойчивостью.

Фторопласт. Высокие антифрикционные свойства фторопласта полезны при значительных динамических перекосах и нарушении маслоснабжения вкладышей.

Металлорезина (МР). Применение упруго-пористого материала МР является перспективным решением для подвеса вкладышей подшипников скольжения (эластичные опоры).

Керамика. Материалы на основе карбида кремния (SiC), карбида вольфрама (WC) и карбонитрида титана являются перспективными материалами вкладышей гидродинамических подшипников. Карбид кремния и карбид вольфрама при своей относительной доступности обладают высокой прочностью и износостойкостью.

Покрытия. Перспективным решением для подшипников является использование наноструктурированных беспористых хром-алмазных покрытий. Покрытия на основе серебра и полимерные покрытия (например, типа Belzona) выполняют роль твёрдой смазки, обеспечивая хорошую прирабатываемость и низкий коэффициент трения.

Применение текстурирования рабочих поверхностей позволяет существенно снизить трение в подшипнике. Для этой цели применяется нанесение канавок, микроканавок, шероховатости, в том числе с помощью лазерной обработки. Немецким исследователям Д. Брауну и К. Грейнеру удалось путём текстурирования рабочих поверхностей для некоторых скоростей скольжения при оптимальном диаметре канавок снизить трение в подшипнике до 80%.

Комплексный подход к исследованиям ПС.

Компьютерное проектирование. Направления и перспективы развития:

- FSI (связанное моделирование взаимодействия жидкости и твёрдых тел) (подшипники с гибкими вкладышами, упругими элементами);

- верификация компьютерных, теоретических моделей и экспериментальных моделей;

- молекулярное моделирование течения жидкости в сверхузких зазорах, в т.ч. для симуляции условий масляного голодания;

- новые математические методы анализа турбулентности;

- усовершенствование метода симуляции крупных вихрей (LES).

В настоящее время наблюдается мировая тенденция по сопровождению CFD-исследований разработкой собственных, более точных, моделей для гидродинамических исследований, относящихся к конкретным конструкциям и условиям эксплуатации.

Экспериментальные исследования.

Работа над созданием перспективных ПС и высокоточных методов их расчёта требует обязательного проведения испытаний. Ввиду несовершенства расчётных методов (учёт ограниченного ряда факторов, недостаточная изученность некоторых явлений и процессов, постоянная разработка новых конструкций) определить характеристики подшипника с достаточной точностью возможно только экспериментально. Например, подшипник с упругим подвесом вкладышей из МР требует обязательных натурных испытаний ввиду анизотропности свойств МР и отсутствия универсальной теории их расчёта.

Проведённый анализ современного состояния вопроса привёл к выводу о том, что подход к созданию ПС новых конструкций и высокоточных методик их проектирования должен быть комплексным. Необходимым является упор на совместную разработку новых теоретических и расчётных CAE-моделей подшипников, программного обеспечения, испытательных стендов и оборудования, проведение экспериментальных исследований для верификации и совершенствования создаваемых моделей.