

КОНТАКТНАЯ ГИДРОДИНАМИКА. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ

Коднир Д.С. (г.Куйбышев)

Все современные работы в области контактной гидродинамики можно разделить на: 1 - решение простейшей контактно-гидродинамической задачи (плоская, стационарная, изотермическая задача для гладких поверхностей, смазываемых ньютоновской жидкостью, вязкость которой зависит от давления по закону Баруса); 2 - решения современных более сложных задач; 3 - экспериментальные исследования; 4 - применение контактной гидродинамики для повышения работоспособности и оптимизации конструкций различных деталей машин, создания новых конструкций и технологических процессов.

1. Различными авторами получены различные уточненные и приближенные решения простейшей контактно-гидродинамической задачи. Уточненные решения основаны на применении теории упругости, однако они столь сложны, что до сих пор получены результаты только для отдельных частных случаев и введение учета действия различных явлений (решение современных задач) крайне затруднительно. Вместе с тем расчеты показывают, что результаты приближенных и уточненных решений весьма близки.

В связи с этим целесообразно применение приближенных решений, которые строятся либо на основе гипотезы Винклера, либо на основе гипотезы Эртеля (за пределами раздавленной площадки форма зазора определяется по Герцу). Известно, что интегральные характеристики - эквивалентная толщина смазочного слоя и коэффициент трения - определяются формой зазора и гидродинамическими характеристиками в начале области трения. Эти параметры при применении гипотезы Винклера ближе к полученным в уточненном

решении, чем при гипотезе Эртеля. Поэтому гипотеза Винклера приводит к соответственно лучшим результатам в определении интегральных характеристик, интересующих практиков. Локальные характеристики в конце области трения (например второй пик давления) более точно находятся по гипотезе Эртеля. Однако этот пик давления не имеет практического значения.

Трудности решения простейшей контактно-гидродинамической задачи определяются ее жесткостью и необходимостью корректного учета явления частичного масляного голодания. Соответствующие результаты исследований докладываются на данной конференции В.М.Александровым и Я.Е.Бейгельштером.

2. Решения современных контактно-гидродинамических задач заключаются в учете нестационарности, неизотермичности, эллиптичности контакта, влияния шероховатости поверхностей, более сложной зависимости вязкости от давления (чем закон Баруса) для ньютоновских жидкостей, а также неьютоновского поведения смазки. В большинстве случаев учитывается одно из перечисленных явлений. Лишь в отдельных случаях решается задача с учетом двух факторов (неизотермичность и неьютоновость, шероховатость и неьютоновость и т.д.) Крайне редко рассматриваются сразу три фактора. Задача дальнейших исследований заключается в одновременном учете всех перечисленных явлений. Это весьма существенно в связи с жесткостью данной системы уравнений.

В последние годы школа В.М.Александрова начала развивать асимптотические методы, которые возможно, наряду с приближенными методами, будут способствовать решению поставленной проблемы. Отметим также, что применяемый большинством исследователей учет лишь одного кондуктивного теплового потока при реше-

нии неизотермической задачи и полное пренебрежение вторым - конвективным теплопотокom является часто недопустимым огрублением задачи.

Большинство исследователей, решая современные задачи, ограничиваются общим алгоритмом и одним примером. Для практики этого недостаточно. Крайне важно доводить решения до конечных формул или графиков.

3. Экспериментальные исследования служат проверкой теоретических результатов и методом определения реологических характеристик смазочных материалов. Необходимо отметить значительные результаты по измерению толщины смазочного слоя интерференциальным методом Д.Л.Бакашвили и В.Ш.Шварцмана, результаты Ю.И.Дроздова и наши, результаты В.А.Томилина и А.С.Райнова полученные с помощью фотоэлектрического измерителя.

Одновременно отметим явную ошибочность соответствующих результатов М.В.Райко, который пренебрег общеизвестным указанием А.Камерона о тарировке.

Определение реологических характеристик смазочных материалов в специальных установках, например с помощью крутильно-колеблющихся цилиндров, целесообразно только в случае ньютоновского поведения жидкости. При малейшем проявлении неньютоновских свойств (что часто встречается) невозможно переносить результаты, полученные в объеме, где измерения в трех взаимно перпендикулярных направлениях имеют один порядок, на случай контактно-гидродинамической задачи (одно измерение на несколько порядков меньше двух других). Поэтому необходимо прямое определение реологических свойств в шариковом или роликовом контакте с учетом числа Дебра. Экспериментальные исследования должны быть существенно расширены.

4. Значительные результаты получены в последние годы по применению контактной гидродинамики и созданию теории и методов расчета подшипников качения. Здесь невозможно даже кратко упомянуть все исследования.

На I Всесоюзной конференции по контактной гидродинамике единственными работами по применению ЭВМ для расчета подшипников качения были работы нашего института. ВНИИП (М.З.Народецкий) решал тогда лишь элементарные задачи аналитическим путем. В настоящее время уже почти все перешли на применение ЭВМ. Однако и сейчас роль ВНИИП^а далеко не ведущая, т.к. он до сих пор, в отличие от других, решает только задачи статики и еще не начал решать задачи кинематики и динамики.

В нашем институте М.И.Курушин составил алгоритм и довел программу решения 104 нелинейных дифференциальных уравнений движения упругого ротора с пятью степенями свободы на двух неидеальных подшипниках качения, двух сепараторах с тремя степенями свободы каждого. Движение шаров с сепараторами определено в режиме контактно-гидродинамической кинематики. При этом учитываются все погрешности изготовления и монтажа элементов подшипника, комбинированное нагружение опор радиальными и осевыми нагрузками, центробежные силы и гироскопические моменты шаров, толщины смазочных слоев в контактах, взаимодействие шаров и сепараторов, а также сепараторов и колец, нестационарность движения системы. Таким образом, полностью решены задачи кинематики, динамики и вибрации шарикоподшипниковой системы с учетом влияния погрешностей изготовления и нестационарности режима работы.

Однако сейчас, в связи с чрезмерным усложнением задачи, возникает необходимость перейти от детерминированного рассмотрения

процессов в подшипнике качения к стохастическому или стохастическо-детерминированному анализу. В этом заключается перспектива дальнейшего развития теории подшипника качения.

Значительные достижения в последние годы получены в области развития контактной гидродинамики подшипников и подпятников скольжения, что привело к появлению новых эластичных металлопластмассовых сегментов. Их применение в подпятниках крупнейших 5 ГЭС страны на 9 гидрогенераторах дало крупный народнохозяйственный эффект, и сейчас промышленность готовится к переоборудованию подпятников всех ГЭС страны новыми эластичными металлопластмассовыми сегментами.

Экономический эффект от внедрения разработок контактной гидродинамики только нашей лаборатории за последние 5 лет превысил 5,5 млн. руб. За предыдущее пятилетие экономический эффект был всего 3 млн. руб., т.е. налицо рост эффективности работы.

Большое значение имеет разработка вопросов контактной гидродинамики для определения оптимальных параметров новых технологических процессов, и прежде всего гидроэкструзии. Значительная заслуга в этих вопросах принадлежит школе А.Г.Бургвица.

Дальнейшие перспективы развития и применения контактной гидродинамики имеются в области бионики и медицины. В конечном счете это направление станет более важным, чем применение контактной гидродинамики в технике.

Надеемся, что предстоящая III Всесоюзная конференция по контактной гидродинамике, как и предыдущие две конференции, даст новый мощный толчок к развитию как теории, так и практических приложений.