

МИНОБРНАУКИ РОССИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

КРАСНОЯРСКИЙ ФИЛИАЛ – СПЕЦИАЛЬНОЕ
КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ БЮРО «НАУКА»
(СКТБ «Наука» ИВТ СО РАН)

Проспект Мира, д. 53, г. Красноярск, 660049

Тел.: +7 (391) 227-2912, факс: +7 (391) 212-4288, e-mail: krasn@ict.nsc.ru
ОКПО 05222159, ОГРН 1025403650920, ИНН/КПП 5408105390/246643001

УТВЕРЖДАЮ

Директор СКТБ «Наука» ИВТ СО РАН
д.т.н., профессор

В.В. Москвичев

2018 г.

Отзыв ведущей организации

на диссертационную работу Иванова Виктора Андреевича на тему
«Математическое моделирование упруго-гидродинамического взаимодействия
тел в узлах трения», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.13.18 Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ

1. Актуальность работы для науки и практики

Задачи упруго-гидродинамического контакта возникают при проектировании различных узлов трения, в особенности – подшипников качения и скольжения, которые эксплуатируются в очень широком диапазоне условий и нагрузок. К таким узлам часто предъявляются повышенные технические требования, которые определяют необходимость использования при их конструировании современных методов математического моделирования.

В настоящее время подобные задачи решаются с помощью различных мульти-дисциплинарных вычислительных комплексов. Однако, их применение для расчета нестационарных упруго-гидродинамических задач наталкивается на значительные трудности, связанные с наличием тонких пограничных слоев,

повышенных перепадов давления и сложностью решения уравнений нестационарных задач, требующих выбора очень мелких шагов по времени и пространству, все это приводит к большим временным и вычислительным затратам. В этом случае при решениях конкретных инженерных задач используется, как правило, сочетание аналитических методов с методологией численного моделирования, что позволяет существенно снижать вычислительные затраты. Данная постановка «гибридного» моделирования для решения проблемных вопросов в области трибологии, обозначена в целях и задачах данной диссертационной работе, что определяет её актуальность.

Основные положения научной новизны связаны с разработкой математической модели упруго-гидродинамического взаимодействия тел в узлах трения, которая включает построение функции податливости, зависящей от геометрических размеров и упругих свойств контактирующих материалов, расчет давления в смазочном слое в зоне контакта и определение функций несущей способности и коэффициентов демпфирования.

Практическая значимость работы определяется разработкой нового метода решения упруго-гидродинамической задачи, основанного на разбиении исходной задачи и введении функции податливости, использующейся для самосогласованного расчета зоны контакта. Данный метод позволяет существенно снизить временные и вычислительные затраты для расчета нестационарных задач при резко меняющихся внешних нагрузках.

Таким образом, комплекс научных исследований, выполненный В.А. Ивановым, имеет все основания рассматриваться как соответствующий требованиям актуальности, научной новизны и практической значимости. Уровень поставленной научной проблемы соответствует диссертационной работе на соискание ученой степени кандидата технических наук. Постановка задач соответствует требованиям паспорта специальности 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

2. Структура диссертации и общая характеристика работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы (110 наименований) и двух приложений. Общий объем диссертации составляет 138 страниц, включая 63 рисунка и 6 таблиц.

Во введении отмечены актуальность работы, представлены цели и задачи исследования, описана научная новизна и практическая значимость, а также изложены основные научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе дана краткая историческая справка развития упруго-гидродинамической теории, отражены результаты современных авторов

по данной теме. Изложен разработанный автором метод решения упруго-гидродинамической задачи, предполагающий разбиение исходной задачи на более простые и последовательно решаемые задачи.

Во второй главе описаны аналитические и численные решения задачи деформации контактирующих поверхностей, проведено их сравнение. Изложена методика определения функции податливости, играющая ключевую роль в предложенном автором методе решения упруго-гидродинамической задачи.

В третьей главе рассмотрена упруго-гидродинамическая задача контакта движущегося ролика с пластиной конечной толщины. Построено аналитическое асимптотическое решение переходной нестационарной задачи. Проведено сравнение аналитического асимптотического решения с численным решением, учитывающим один дополнительный фактор - зависимость вязкости от давления, а также с численным решением, учитывающим одновременно два дополнительных фактора - переменную вязкость и деформацию контактирующих поверхностей.

В четвертой главе рассмотрена математическая модель подшипника скольжения, учитывающая такие факторы, как переменная вязкость смазочного слоя, зависящая от давления и температуры, эффект кавитации и упругие деформации тел в зоне контакта. На основе созданной модели построены алгоритм и программный комплекс расчета давления в смазочном слое подшипника скольжения конечной длины и получены конкретные результаты расчетов. Комплекс зарегистрирован Федеральной службой по интеллектуальной собственности (Роспатент).

В пятой главе на основе разработанного автором метода решения упруго-гидродинамических задач представлены результаты моделирования работы конкретных узлов трения, использующихся в металлургическом производстве.

Таким образом, работа В.А. Иванова содержит все необходимые элементы диссертационного исследования, включая постановку задач, их расчетно-аналитическую реализацию, обобщение результатов и решение на их основе конкретных прикладных задач.

3. Новые научные результаты

Полученные в диссертации научные результаты являются новыми, решена научно-прикладная задача нестационарного контактного взаимодействия тел при наличии смазочного слоя, больших нагрузок и упругих деформаций контактирующих тел. Среди полученных результатов следует

особо отметить следующие:

- предложен новый метод решения упруго-гидродинамических задач, использующий разбиение исходной сложной задачи на более простые последовательно решаемые задачи – контактную и гидродинамическую;

- разработан новый численный метод определения функции податливости контактирующих тел с использованием разложения Фурье и коэффициентов регуляризации;

- построено асимптотическое аналитическое решение задачи нестационарного контактного взаимодействия ролика с твердой поверхностью при наличии смазочного слоя;

- разработана конечно-разностная итерационная схема расчета упруго-гидродинамического контакта с учетом деформации контактирующих поверхностей, эффекта кавитации, переменной вязкости слоя зависящей от давления и температуры. На основе данной схемы разработан программный комплекс, позволяющий эффективно вычислять давление в смазочном слое подшипников скольжения.

4. Значимость для науки и рекомендации по использованию полученных результатов

Научная значимость результатов диссертационной работы заключается в развитии приближенных асимптотических и аналитико-численных моделей нестационарного упруго-гидродинамического контакта движущегося ролика с пластиной конечной толщины при наличии смазочного слоя. А так же в разработке нового метода математического моделирования, направленного на ускорение численных расчетов распределения давления в смазочном слое при наличии упругих деформаций.

Предложенный автором метод расчета может использоваться в инженерных конструкторских бюро для предварительного расчета узлов трения. Данный расчет позволяет оценить качество исходных динамических параметров, заложенных в проекте рабочего узла. Кроме того, метод позволяет оптимизировать конструктивные решения сложных узлов трения, работающих в широком динамическом диапазоне нагрузок.

Предложенная математическая модель позволяет найти критическое значение пьезокоэффициента, при котором влияние пьезоэффекта на пик давления полностью компенсируется деформацией упругой поверхности, что позволяет найти оптимальную пару трения и смазочный материал, полностью удовлетворяющий аналитическим расчетам.

5. Замечания по диссертационной работе

1. В тексте автореферата целесообразно было указать соответствие тематики, цели и задач диссертации конкретным пунктам паспорта специальности.

2. При проведении анализа текущего состояния исследуемой проблемы следовало привести расширенный обзор результатов, полученных в области численного моделирования за последнее 5 лет.

3. Следовало обозначить границы применимости/достоверности предложенного метода. Например, в работе приводятся результаты расчетов при толщинах смазочного слоя менее микрона, что сопоставимо с шероховатостью поверхностей взаимодействующих тел. Не будет ли неровность поверхности являться ограничением метода?

4. Следовало дать определение используемого термина «несущая способность», которая в механике имеет различные трактовки.

6. Заключение по диссертационной работе

1. Диссертация В.А. Иванова является законченным научно-исследовательским трудом, направленным на решения актуальной задачи. Получены новые результаты в области математического моделирования упруго-гидродинамического взаимодействия тел, что позволяет существенно снизить временные и вычислительные затраты при решениях нестационарных трибологических задач при резко меняющихся внешних нагрузках.

2. Автореферат и основные публикации достоверно и полно отражают содержание работы. Оформление работы отличается четким, последовательным и грамотным стилем изложения. Работа содержит необходимый объем информационно-аналитических материалов, расчетных и прогнозных данных, подтверждающих достоверность основных результатов положений и выводов.

3. Указанные выше замечания не имеют принципиального значения в отношении научного содержания диссертации.

4. Тематика и содержание работы соответствуют специальности 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

5. Представленная работа полностью удовлетворяет требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, включая постановку задач исследования, методы их решения и практическое использование полученных результатов. Диссертация соответствует требованиям пп. 9, 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства Российской

Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) в части, касающейся ученой степени кандидата наук, а её автор В.А. Иванов заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и одобрен на заседании научно-практического семинара «Проблемы природно-техногенной безопасности» лаборатории вычислительной механики и риск-анализа СКТБ «Наука» ИВТ СО РАН « 26 » сентября 2018 г., протокол № 4.

Председатель семинара
главный научный сотрудник
лаборатории вычислительной
механики и риск-анализа,
д-р техн. наук

Лепихин Анатолий Михайлович

Заведующий лабораторией
вычислительной механики и
риск-анализа,
канд. техн. наук

Буров Андрей Ефимович

Подписи Лепихина Анатолия Михайловича, Букова Андрея Ефимовича
заверяю:

ученый секретарь СКТБ «Наука» ИВТ СО РАН
канд. техн. наук

Чернякова Н.А.

« 1 » ноября 2018 г.

М.П.

