

О Т З Ы В
официального оппонента на диссертационную работу
Степанова Федора Игоревича
«Пространственная контактная задача с трением для вязкоупругих тел»,
представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности
01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Развитие современной техники стимулирует повышенный интерес к исследованиям разного рода процессов, происходящих при контактном взаимодействии твердых деформируемых тел. Одной из главных задач здесь является изучение природы сил трения, в том числе, анализ взаимного влияния этих сил, порождаемых различными механизмами. Несмотря на большое количество известных на сегодня экспериментальных и теоретических результатов, полученных в этой области, многие вопросы остаются изученными не достаточно. Среди них – задачи о фрикционном взаимодействии твердых тел при наличии касательных напряжений в зоне контакта с учетом наследственных свойств материала. Таким образом, как в теоретическом, так и в практическом плане несомненна **актуальность** темы диссертации Ф.И. Степанова, **целью** которой является исследование процесса скольжения одного или двух жестких инденторов по границе вязкоупругого полупространства при учете касательных напряжений на контакте с помощью специально разработанного алгоритма.

Содержание диссертации составляют введение, три главы, заключение и список литературы из 79 наименований. Ее общий объем – 83 стр.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, представлен обзор известных экспериментальных и теоретических работ по избранной теме, сформулированы цели диссертации. Представлены сведения об апробации результатов и список основных публикаций автора. Дано описание структуры работы вместе с ее кратким содержанием.

Первая глава посвящена исследованию задачи об установившемся скольжении с постоянной скоростью жесткого индентора параболической формы по границе линейно-вязкоупругого полупространства при наличии касательных напряжений в области контакта. Сформулирована математическая постановка задачи, не учитывающая силы инерции. Вязкоупругие свойства полупространства описываются интегральным соотношением с ядром ползучести в виде конечной суммы экспонент при постоянном коэффициенте Пуассона. Распределение контактного давления, область контакта и деформационная составляющая силы трения являются неизвестными. Изложен численный алгоритм решения такой задачи методом граничных элементов, с помощью которого исследовано влияние касательных напряжений и других исходных данных на искомые величины. Проведен анализ растягивающих, сжимающих и максимальных касательных напряжений на поверхности и внутри полупространства.

Во второй главе рассматривается задача о скольжении по линейно-вязкоупругому полупространству индентора вместе с двумя сосредоточенными силами, осуществляющими дополнительную нагрузку. С помощью метода,

описанного в первой главе, исследуется влияние исходных данных на указанные выше искомые величины. Установлено, что при определенных исходных параметрах возможен эффект разделения области контакта на две части, а также возможна смена знака деформационной составляющей силы трения.

В третьей главе исследуется задача о скольжении с одинаковой постоянной скоростью двух жестких инденторов по вязкоупругому полупространству. Предложен метод, с помощью которого можно определять контактные характеристики и деформационную составляющую силы трения для обоих инденторов с учетом их взаимного влияния. Разработан соответствующий численный алгоритм, с помощью которого исследовано влияние скорости скольжения, расстояния между инденторами и других исходных параметров на искомые характеристики. Проведен анализ напряженного состояния на поверхности и внутри полупространства при наличии двух инденторов.

Заключение содержит перечень основных результатов и выводы.

Основные научные результаты, полученные лично соискателем, состоят в следующем.

1. Разработан метод исследования задачи об установившемся скольжении жесткого гладкого индентора по поверхности вязкоупругого полупространства. С его помощью проведен анализ влияния касательных напряжений в области контакта, скорости скольжения, а также вязкоупругих свойств материала полупространства и прочих исходных данных на распределение контактного давления, площадку контакта и деформационную составляющую силы трения при таком движении. Исследована задача о скольжении индентора вместе с парой сосредоточенных сил.

2. Предложен и разработан метод решения задачи о взаимном влиянии двух инденторов при их совместном скольжении по вязкоупругому полупространству. С его помощью исследовано влияние скорости скольжения, расстояния между инденторами и прочих исходных данных на распределение контактного давления, площадку контакта и силу трения.

3. В задаче о скольжении одного или двух инденторов проведено исследование напряженного состояния полупространства. При различных исходных данных получено распределение в нем растягивающих, сжимающих и максимальных касательных напряжений.

Можно утверждать, что в диссертации получены **новые** важные результаты, имеющие научную ценность. **Практическая ценность** работы состоит в том, что разработанные в ней алгоритмы, а также отдельные ее результаты могут использоваться при моделировании фрикционного взаимодействия твердых деформируемых тел в различных технических конструкциях и механизмах.

Обоснованность и достоверность результатов диссертации обеспечиваются корректностью математической постановки задачи, применением строгого математического аппарата и адекватных численных методов, а также сопоставлением отдельных результатов с уже известными.

По работе имеются следующие замечания:

1. В начале первой главы следовало бы сформулировать постановку задачи полностью математически, в том числе выписав соответствующие уравнения для

полупространства. Однако, в работе постановка этой задачи частично описана словами.

2. На стр. 19 при переходе от формулы (1.9) к формуле (1.10) следовало указать, что далее всюду рассматривается наследственное ядро в виде одной экспоненты, а не суммы нескольких, введя обозначения для параметров этого ядра. При чтении текста об этом приходится догадываться из дальнейшего содержания.

3. Было бы желательно коснуться вопроса практической сходимости алгоритмов при выполненных расчетах. Указать, сколько граничных элементов и итераций оказывалось достаточным в конкретных случаях.

4. Вследствие важности формулы (1.14) на стр. 25 стоило бы несколько подробнее пояснить, как она получена.

5. В тексте имеется ряд опечаток, затрудняющих восприятие материала. Так, например, в формулах (1.8) и (1.9) одни и те же величины обозначены разными буквами и, наоборот, в формулах (1.15) – (1.17) разные величины обозначены одинаково.

Сделанные замечания не снижают высокой оценки работы Ф.И. Степанова, которая изложена достаточно подробно и хорошо оформлена.

Заключение. Диссертационная работа Ф.И. Степанова выполнена на высоком научном уровне. Она представляет собой законченное исследование, в котором получены новые важные результаты в области механики контактного взаимодействия твердых деформируемых тел. Автореферат правильно и полно отражает ее содержание, основные результаты опубликованы в журналах из перечня, рекомендованного ВАК РФ, а также апробированы на международных и российских научных конференциях. Рецензируемая работа соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Степанов Федор Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент
доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник
НИИ Механики МГУ им. М.В.Ломоносова
119192 Москва, Мичуринский проспект, д. 1
(495)939-55-12, serp56@yandex.ru

21 февраля 2017 г

Пшеничнов
Сергей Геннадиевич

Подпись д.ф.-м.н., ведущего научного сотрудника
С.Г. Пшеничнова подтверждаю.

Директор НИИ Механики МГУ
академик РАЕН



Ю.М. Окунев