

Отзыв

официального оппонента на диссертацию Вин Ко Ко «Колебания многослойной жидкости в полостях неподвижных и подвижных тел», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы

Работа Вин Ко Ко посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям волновых движений многослойной жидкости в полостях подвижных и неподвижных тел. Для полостей подвижных тел рассмотрены задачи параметрических и вынужденных колебаний, и исследована устойчивость колебаний тел, имеющих цилиндрическую полость, заполненную полностью тремя жидкостями или частично двумя жидкостями. В теоретической части работы исследованы колебания многослойной жидкости в неподвижных полостях различных форм. В экспериментальной части работы исследованы волновые движения жидкостей, возникающие на поверхностях раздела трёх слоев, а также исследованы свободные колебания твёрдого тела, имеющего цилиндрическую полость, частично заполненную двумя жидкостями.

Актуальность работы. В настоящее время актуальность рассматриваемых задач подтверждается более глубоким изучением физических процессов, происходящих как внутри Земли, так и в воздушных слоях атмосферы, а также модернизацией и совершенствованием различных технологических процессов в машиностроении, и непрерывно возрастающим использованием жидкого газа и криогенных жидкостей в промышленности и ракетно-космической технике. К настоящему времени отсутствуют теоретические и экспериментальные результаты о динамике сосуда со слоистой жидкостью, на свободной поверхности которой имеются волны стационарной амплитуды. Дефицит исследований в данном направлении объясняется как сложностью, возникающих математических проблем, так и трудностями постановки самого эксперимента, поскольку необходимо обеспечить возбуждение стоячих волн стационарной амплитуды в слоистой жидкости.

Цель диссертационной работы заключается в теоретическом и экспериментальном исследовании динамики слоистых жидкостей в неподвижных и подвижных сосудах, а также в исследовании динамики твердых тел, имеющих полости, наполненные подобной жидкостью.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы известные методы для решений задачи динамики однородных несмешивающихся жидкостей, а также динамики движения твердого тела с жидкостью. При решении проблем, возникающих в ходе выполнения, диссертационной работы использованы различные аналитические и вычислительные методы: метод конечных элементов, метод разделения переменных, метод обобщенных координат, метод пограничного слоя, метод использования механических аналогов. При выполнении экспериментальных исследований использовались метод свободных колебаний и метод вынужденных колебаний.

Научную новизну диссертационной работы имеют следующие результаты:

- Исследованы вопросы динамики трёхслойной идеальной и вязкой жидкостей и в полости неподвижного твердого тела.
- Получены теоретические и численные результаты основных динамических характеристик жидкостей для осесимметричных полостей различных конфигураций.
- Исследованы вопросы взаимодействия слоистой идеальной жидкости и полости подвижного твердого тела.
- Получены теоретические и численные результаты в виде зависимости инерционных характеристик твердого тела, учитывающих подвижность несмешивающихся жидкостей и показывающих отличия от динамики твердого тела с однородной жидкостью.
- Приведены результаты экспериментальных исследований, подтверждающие правильность полученных численных результатов и достоверность разработанной теории движения твердых тел со слоистой жидкостью.
- Разработаны методики вычисления собственных частот волновых движений слоистой жидкостью.
- Исследована устойчивость движения твердого тела, имеющего полость наполненной трёхслойной жидкостью.
- Разработан механический аналог, моделирующий колебания трёхслойной жидкости.

Практическая ценность. Результаты полученных исследований могут быть использованы при проектировании космических заправочных станций, космических танкеров, морских газовозов, при совершенствовании различных технологических процессов в машиностроении.

Достоверность полученных результатов следует из сравнения с известными аналитическими и численным решениям, полученными в предыдущих работах, а также подтверждёнными экспериментальными исследованиями настоящей работы.

Структура и объем диссертации. Текст диссертации изложен на 157 страницах машинописного текста, иллюстрированного 109 рисунками и 7 таблицами. Диссертация состоит из введения, 5 глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, списка публикаций и литературы.

Во введении обсуждается актуальность проблемы, научная новизна, методы исследования, практическая ценность и достоверность полученных результатов, а также приведены данные о структуре и объеме диссертации, апробации работы и публикации.

В первой главе приводится литературный обзор современного состояния исследований динамики слоистой жидкости, который условно разделен на две части. К первой группе отнесены работы, касающиеся движения слоистых жидкостей и твердых тел в жидкостях, занимающих открытую область пространства. К другой группе отнесены работы, касающиеся колебаний жидкостей, частично или полностью заполняющих полость неподвижного

твёрдого тела, а также работы, связанные с движением твёрдых тел, имеющих полости, частично или полностью заполненные жидкостью.

Во второй главе диссертации исследованы колебания слоистых идеальных жидкостей, каждая из которых совершает несжимаемое движение. Получены дифференциальные уравнения для обобщённых координат, отражающих волновые движения жидкостей на поверхностях разделов. Определены собственные частоты, формы колебаний жидкостей и приведены результаты численных расчетов для цилиндрических баков разных поперечных сечений. Исследована задача о колебаниях слоистой жидкости в коническом баке. В этой же главе приведена вариационная постановка задачи о собственных колебаниях несмешивающихся жидкостей и численная реализация определения стационарных значений функционала, отвечающего вариационной задаче, с использованием метода конечных элементов. В конце второй главы получены формулы, определяющие параметры предлагаемого механического аналога асимметричных колебаний трёхслойной и двухслойной жидкостей.

В третьей главе рассматриваются задачи о собственных колебаниях трёхслойной вязкой жидкости и определение собственных колебаний двухслойной жидкости с использованием метода пограничного слоя. Разработан механический аналог колебаний трёхслойной вязкой жидкости, целиком заполняющей полость неподвижного твёрдого тела. Используется приближенный метод для вычисления корней характеристического уравнения и приведены графики результатов численных расчетов для круглого цилиндра. Далее рассмотрен сравнительный анализ полученных характеристик колебаний двухслойной вязкой жидкости в цилиндрическом баке с результатами, полученными другими авторами.

В четвертой главе диссертации представлена задача о малых колебаниях несжимаемых идеальных жидкостей, полностью заполняющих цилиндрический бак, который совершает плоское движение. Получены уравнения движения твёрдого тела, имеющего полость произвольной осесимметричной формы, целиком заполненной тремя однородными идеальными несжимаемыми жидкостями разных плотностей. Далее исследованы параметрические колебания трёхслойных идеальных и вязких жидкостей в цилиндрическом баке, а также рассмотрены вопросы устойчивости колебаний цилиндрического бака с слоистой жидкости. Для цилиндрической полости с круговым поперечным сечением получены формулы и численные значения для масс и моментов инерции эквивалентного твёрдого тела, а также приведены результаты численных расчетов областей устойчивости.

В пятой заключительной главе приведено экспериментальное исследование колебаний слоистой жидкости в неподвижном и подвижном баках. Дано описание экспериментальной установки и определены основные динамические характеристики колебаний слоистой жидкости, а также приведено сравнение полученных экспериментальных результатов с теоретическими расчётами.

Представленные в главах 2 – 5 выводы написаны строгим, понятным

языком, базируются на полученных автором теоретических и экспериментальных результатах, и не вызывают сомнения в их достоверности.

В качестве замечаний следует отметить:

Метод конечных элементов, используемый автором для расчёта колебаний жидкости в цилиндрическом баке, может быть использован для любой формы бака.

При исследовании устойчивости колебаний механической системы, состоящей из твердого полуцилиндра и трёхслойной жидкости, получены области устойчивости колебаний, в которых момент инерции твердого тела имеет отрицательные значения. Однако объяснение этого эффекта в диссертации не приводится.

Так же по тексту диссертации следует отметить недостатки грамматического характера.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации. Содержание диссертационной работы в целом адекватно отражено в автореферате и в достаточной мере отражено в основных публикациях.

Все основные результаты получены автором лично и опубликованы в рекомендуемых ВАК РФ рецензируемых периодических изданиях. Текст диссертационной работы содержит ссылки на первоисточники используемых материалов. Работа содержит предложения по практическому применению полученных результатов.

Диссертация Вин Ко Ко «Колебания многослойной жидкости в полостях неподвижных и подвижных тел» является законченным оригинальным научно-квалификационным исследованием, посвященным решению практически важной проблемы, выполненной на достаточно высоком уровне, и удовлетворяет требованиям п.9 «Положение о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор Вин Ко Ко заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук,
профессор, старший научный сотрудник
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт проблем механики
им. А.Ю. Ишлинского РАН (ИПМех РАН)
(119526 Москва, проспект Вернадского, д. 101, корп. 1.)
тел.: +7-495-434-3283
e-mail: internalwave@mail.ru



Булатов В. В.

Подпись официального оппонента Булатова Виталия Васильевича заверяю

Ученый секретарь ИПМех РАН *М.А. Ковалев*