

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

о работе Подопросветовой Анастасии Борисовны по кандидатской диссертации «Теоретическое и экспериментальное исследование устойчивости упругой трубки с протекающей внутри жидкостью», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Диссертация Подопросветовой А.Б. на тему: «Теоретическое и экспериментальное исследование устойчивости упругой трубки с протекающей внутри жидкостью» посвящена проблеме взаимодействия мягких эластичных трубок с движущейся внутри жидкостью, в том числе неньютоновской. Актуальность темы вызвана приложениями в биомеханике и в различных технологических процессах, где может возникать неустойчивость рассматриваемой системы.

В первой главе диссертации проведён обзор литературы и вывод системы уравнений движения системы «трубка-жидкость», которая используется для анализа в двух следующих главах.

Вторая глава посвящена анализу стационарных состояний трубки с протекающей внутри степенной жидкостью. Такие состояния описываются краевой задачей для обыкновенного дифференциального уравнения третьего порядка с переменными коэффициентами. В случае пренебрежения вязкостью жидкости уравнение имеет первый интеграл и анализируется методом фазовой плоскости. Показано, что при достаточно большом входном давлении жидкости решение всегда существует, но неединственно. Если же входное давление слишком низкое, то решение существует, лишь если длина трубки достаточно мала. При движении вязкой жидкости из-за постепенного падения давления решение задачи существует, только если длина трубки не слишком велика; при превышении критической длины единственно возможный режим течения – нестационарный.

Третья глава посвящена анализу устойчивости стационарного режима течения по отношению к осесимметричным возмущениям. Первым шагом получено дисперсионное уравнение (в предположении, что невозмущённое состояние трубки близко к цилиндрическому) и проведён локальный анализ устойчивости. Далее, асимптотическим методом глобальной неустойчивости проанализированы кривые, определяющие предельное положение комплексных собственных частот трубки большой, но конечной длины, и найдена асимптотическая зона неустойчивости. Доказано, что хотя течение ньютоновской жидкости устойчиво по отношению к осесимметричным возмущениям (что подтверждает известные теоретические и экспериментальные данные, где неустойчивость всегда вызвана неосесимметричным схлопыванием трубки вблизи её конца), существует неизвестная ранее область неустойчивости при течении псевдопластических жидкостей. Для трубок произвольной длины численно проанализировано поведение спектра собственных частот, построена граница устойчивости и исследовано влияние длины трубки на зону неустойчивости.

Четвёртая глава посвящена экспериментальному исследованию течения неньютоновской жидкости в мягких трубках Пенроуза. В проведённых ранее экспериментах других авторов исследовалось течение воды на турбулентных режимах, в то время как в основных приложениях течения жидкости, как правило, ламинарные. Поэтому цель экспериментов состояла в изучении влияния режима течения (ламинарный или турбулентный) при равенстве всех интегральных параметров – расхода, перепадов

давления, формы трубки, коэффициента сопротивления жидкости. Обнаружено, что при ламинарном режиме течения трубка дольше сохраняет устойчивость, чем при турбулентном. Дано теоретическое объяснение этого эффекта. Проанализированы режимы колебаний трубки после потери устойчивости для обоих режимов течения.

При выполнении диссертации автор проявила себя инициативным и заинтересованным исследователем, активно обсуждала особенности математических методов исследования в теоретической части работы. Все расчёты проведены автором лично. Она освоила современные методы измерений в гидродинамическом эксперименте, самостоятельно модифицировала и автоматизировала экспериментальную установку. Проведённые эксперименты, обработка и анализ результатов выполнены полностью самостоятельно.

Результаты работы опубликованы в трёх научных статьях и докладывались на многих научных семинарах и конференциях, в т.ч. на европейском и международном конгрессах по биомеханике. Доклады неизменно вызвали интерес и живое обсуждение; автором получены несколько дипломов лучшим молодым участникам конференций.

Данная научная работа является результатом длительного упорного труда, в ней получены новые научные результаты, имеющие практические приложения. Считаю, что диссертация удовлетворяет всем требованиям ВАК, а её автор, А.Б. Подопросветова, достойна присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Научный руководитель:

Д.ф.-м.н., доцент кафедры гидромеханики
механико-математического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова

 / В.В. Веденеев

Подпись В.В. Веденева заверяю:

Декан механико-математического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова,
член.-корр. РАН, профессор



/ А.И. Шафаревич