

## ОТЗЫВ

об автореферате диссертации Подопрсветовой Анастасии Борисовны «Теоретическое и экспериментальное исследования устойчивости упругой трубки с протекающей внутри жидкостью», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Теоретические и экспериментальные исследования механической устойчивости упругой трубки с протекающей в ней жидкости насчитывают многолетнюю историю. Однако ряд вопросов, в частности, влияние неньютоновских свойств жидкости, продольного натяжения и массы трубки, а также её локального расширения или сужения на устойчивость течения оставались неисследованными. Теоретическое рассмотрение этих вопросов и экспериментальные исследования неустойчивости течения в мягкой трубке в ламинарном и турбулентном режимах, проведенные в работе А.Б. Подопрсветовой, определяют высокую актуальность диссертационной работы.

В работе, судя по автореферату, получен ряд новых результатов, имеющих как теоретическое значение, так и потенциальные приложения к биомеханике. В главе 1 дана постановка задачи в предположении, что жидкость является несжимаемой и степенной, учтены масса и продольное натяжение стенки трубки. Во второй главе диссертации рассмотрены условия существования и единственности стационарного решения полученной системы для идеальной и вязкой степенной жидкости. Проведен качественный и численный анализ и найдены условия единственности и неединственности решения соответствующей краевой задачи для трубки конечной длины. Эти результаты являются новыми и представляют несомненный научный интерес. Вызывает некоторое недоумение вывод о том, что при течении ньютоновской жидкости не только в крупных венах, но и в магистральных артериях возможны решения с резким сужением трубки вблизи её выходного конца. Насколько мне известно, такие течения никогда не наблюдаются в организме человека и животных. Причина такого расхождения, возможно, обусловлена выбором граничных условий (фиксированный радиус трубки на обоих её концах) и тем обстоятельством, что при течении крови в организме основной перепад давления, создаваемого левым желудочком сердца, происходит в мелких резистивных сосудах ниже по течению по отношению к магистральным артериям. Поэтому трансмуральное давление на всём протяжении артерии остается положительным.

В главе 3 проведен теоретический анализ устойчивости стационарных осесимметричных решений задачи. Исследована устойчивость длинно- и коротковолновых возмущений при различных значениях безразмерных параметров задачи, в том числе жёсткости трубки  $\beta$  и показателя степени  $n$  вязкости жидкости. Показано, что длинноволновые возмущения могут стать неустойчивыми лишь при значениях  $n$  существенно меньших 1, т.е. для псевдопластической жидкости. Коротковолновые возмущения могут оказаться неустойчивыми и при  $n \geq 1$ , если трубка достаточно мягкая. Исследована глобальная неустойчивость течения в прямой, расширяющейся и сужающейся трубке. Численно исследована зависимость области устойчивости от величины силы натяжения трубки и её длины. В результате получена практически исчерпывающая картина возможных вариантов осесимметричной потери устойчивости системы.

Глава 4 посвящена экспериментальному исследованию устойчивости мягкой трубки с протекающей в ней ньютоновской жидкостью при наличии существенного внешнего давления. Подробно описана экспериментальная установка, методы и результаты экспериментов, проведенных как в ламинарном, так и в турбулентном режимах течения. После потери устойчивости в системе возникали периодические колебания параметров течения. Были выявлены 4 типа колебаний перепада давления на концах трубки, различающиеся качественной картиной пульсаций, проведен анализ смены режимов в зависимости от параметров течения, проведена визуализация колебаний стенки трубки в двух проекциях. К сожалению, результаты экспериментов представлены в размерном виде в координатах расход – перепад давления или трансмуральное давление на выходном конце трубки. Это затрудняет восприятие результатов, полученных в разных режимах течения жидкостей различной вязкости. Было бы также интересно выяснить влияние осевого натяжения трубки на потерю устойчивости течения и характер её колебаний после потери устойчивости. Несмотря на эти замечания, эта часть работы также содержит новые интересные результаты.

Высказанные замечания не умаляют достоинств работы, в которой поставлены и решены актуальные научные задачи и получены новые интересные результаты. Работа А.Б. Подопроевской, по моему мнению, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям п.3 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а её автор без сомнения заслуживает присуждения ей учёной степени кандидат физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости газа и плазмы.

Доктор физико-математических наук,  
Ведущий научный сотрудник  
Научно-исследовательского института механики  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»  
Адрес: Москва, 119192 Мичуринский проспект, д. 1  
Телефон: +74959391252  
Электронный адрес: [tsat@imec.msu.ru](mailto:tsat@imec.msu.ru)

 /Андрей Кимович Цатурян/

