

# Сжимаемые Течения с Осциллирующими Границами

(раздел диссертации на соискание степени  
доктора физико-математических наук)

Научно-исследовательский семинар  
кафедры Газовой и Волновой Динамики  
под руководством академика Р. И. Нигматулина  
1 марта, 2021 года

к. ф.-м. н. Логвинов Олег Анатольевич  
кафедра Газовой и Волновой Динамики

Научный Консультант  
д. ф.-м. н. Малашин Алексей Анатольевич  
кафедра Газовой и Волновой Динамики

В докладе планируется обсудить материалы будущей докторской диссертации, посвященной резонансным режимам течений сжимаемых жидкостей. В первом разделе диссертации рассматривается течение вязкой сжимаемой теплопроводной жидкости (газа) в длинном плоском канале (газопроводе) с жесткими стенками. Некоторые части стенок канала образуют вибрирующие секции, способные осциллировать с постоянной частотой и малой амплитудой в направлении, перпендикулярном основному потоку. В классической гидродинамике обычно принимается, что, если скорость невозмущенного течения мала по сравнению со скоростью звука в газе (числа Маха заметно меньше единицы), то сжимаемостью жидкости практически всегда можно пренебречь. Однако в первом разделе диссертации на совокупной основе линейной теории и численного моделирования показано, что в течениях с полностью или частично осциллирующими границами даже исчезающе малая сжимаемость может сыграть ключевую роль при зарождении резонанса.

В линейном приближении получено точное аналитическое выражение для частоты резонанса в канале с осциллирующими стенками в случае идеальной (невязкой и нетеплопроводной) жидкости. Показано, что учёт вязкости и теплопроводности приводит к незначительному (менее чем на сотые доли процента) изменению этой частоты. Однако свойства решения при этом существенно меняются. На начальном этапе осцилляции стенок приводят к соответствующим периодическим изменениям параметров течения: давления, плотности и температуры. При этом лишь на резонансной частоте эти изменения происходят с максимально возможной, но конечной, амплитудой.

Численные расчёты в полной нелинейной постановке показали, что через некоторое время, если и только если частота осцилляций стенок совпадает резонансной, возникает *кумулятивный нелинейный резонанс* – резкое увеличение суммарного массового расхода даже при постоянном заданном перепаде давлений. На заключительном этапе все осцилляции гасятся диссипативными эффектами (вязкостью и теплопроводностью), массовый расход выходит на установившийся режим.

Основное, но далеко не единственное приложение полученных результатов – течения газа и нефти в трубопроводах или воды в помповых насосах.