

что необходимо для решения, например, проблемы обнаружения внутренних волн дистанционными методами, в том числе с помощью средств аэрокосмической радиолокации. В этом случае описание и анализ волновой динамики можно осуществить только на основе асимптотических моделей и аналитических методов их решения, изложенных в докладе. Построенные математические модели волновой динамики позволяют описывать поля внутренних и поверхностных волн для реальных гидрофизических параметров сред. Универсальный характер предложенных асимптотических методов моделирования волновой динамики позволяет не только эффективно рассчитывать волновые поля, но и, кроме того, качественно анализировать полученные решения. Тем самым открываются широкие возможности анализа волновых картин в целом, что важно и для правильной постановки математических моделей волновой динамики, и для проведения экспресс оценок при натурных измерениях волновых полей. Особая роль разработанных асимптотических методов обусловлена тем обстоятельством, что основные параметры природных стратифицированных сред (океан, атмосфера), как правило, известны приближенно, и попытки их точного численного решения по исходным уравнениям гидродинамики с использованием таких параметров могут привести к заметной потере точности получаемых результатов. Помимо фундаментального интереса построенные математические модели представляют значительную ценность для практики, поскольку позволяют решать задачи моделирования волновых гидрофизических полей в широком классе приложений (В.В.Булатов, Ю.В.Владимиров. Волны в стратифицированных средах. М.: Наука, 2015).

Устойчивость упругой трубы с протекающей внутри неньютоновской жидкостью, имеющей локально ослабленный участок

В. В. Веденеев, А. Б. Порошина

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
vasily@vedeneev.ru

Задача об устойчивости упругих трубок, содержащих текущую жидкость, имеет ряд практических приложений. Изгибные

колебания таких трубок могут иметь место в различных охлаждающих устройствах (радиаторах), в т.ч. в ядерной промышленности [1,2]. Колебания, имеющие вид схлопывания трубок с сохранением прямолинейности их оси, могут иметь место в биомеханике кровеносных сосудов [3,4]. Возникновение последних связано с отрывом потока от стенок трубы и неосесимметричным характером схлопывания [5,6,7].

В настоящей работе исследуется потеря устойчивости трубок, не связанная с отрывом потока. Движение трубы предполагается осесимметричным, текущая внутри жидкость описывается степенным реологическим законом, в случае чистого сдвига имеющим вид

$$\tau^{12} = \mu \left(\frac{dv_1}{dx_2} \right)^n,$$

где τ^{12} — сдвиговое напряжение, \vec{v} — вектор скорости, μ — коэффициент вязкости, n — параметр степенного закона. Линейно-вязкой жидкости соответствует случай $n = 1$. Интегрированием уравнений движения по сечению выводится одномерное уравнение движения трубы, которое исследуется на устойчивость.

В первой части работы проведён анализ дисперсионного уравнения в случае однородной трубы и показано, что неустойчивость может иметь место при показателе степенного закона $n < 0.611$, причём она может быть абсолютной при $n < 1/3$. Границы простой и абсолютной неустойчивостей получены в явном виде.

Во второй части работы рассматривается трубка с переменной по длине жёсткостью, такой что в некотором участке она мала, и локально имеет место неустойчивость, а вне него трубка локально устойчива. Исследуется существование глобальных растущих собственных мод. В предположении о медленном изменении жёсткости по длине задача решается методом ВКБ. Исследована структура линий Стокса и показано, что трубка в целом может быть неустойчива, только если локальная неустойчивость в ослабленном участке абсолютная. Получено достаточное условие глобальной неустойчивости.

Работа поддержана грантом РНФ 14-50-00005.

Литература

1. Paidoussis, M.P. Fluid-structure interactions: slender structures and axial flow. Vol. 1. Academic press, 1998.

2. Gorshkov, A.G., Morozov, V.I., Ponomarev, A.T., Shklyarchuk, F.N. Аэрогидроупругость конструкций. М.: Физматлит, 2000.
3. Shapiro, A.H. Physiologic and medical aspects of flow in collapsible tubes// Proc. 6th Canadian Congress on Applied Mechanics, p. 883–906, 1977.
4. Pedley, T.J., Brook, B.S., Seymour, R.S., Blood pressure and flow rate in the giraffe jugular vein// Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. V. 351, p. 855–866, 1996.
5. Pedley, T.J. Arterial and Venous Fluid Dynamics// Cardiovascular fluid mechanics (ed. G. Pedrizzetti, K. Perktold). Chap. 1, p. 1–72. Springer, 2003.
6. Grotberg, J.B., Jensen, O.E.. Biofluid mechanics in flexible tubes// Ann. Rev. Fluid Mech. V. 36, p. 121–147, 2004.
7. Heil, M., Hazel, A.L.. Fluid-Structure Interaction in Internal Physiological Flows// Ann. Rev. Fluid Mech. V. 43, p. 141–162, 2011.

Законы подобия для турбулентного пограничного слоя в сверхзвуковом потоке газа

И. И. Вигдорович

НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова

vigdorovich@imec.msu.ru

Доклад посвящен описанию течения в турбулентном пограничном слое на пластине при нулевом продольном градиенте давления в терминах законов подобия для основных гидродинамических и тепловых величин. Для течения несжимаемой жидкости такие законы подобия надежно установлены. К ним относятся закон стенки Прандтля, законы дефекта скорости и трения Кармана и аналогичные соотношения для температуры и теплового потока на стенке. В промежуточной пристеночной области пограничного слоя профили скорости и температуры удовлетворяют известному логарифмическому закону.

Обобщение закона стенки для профиля скорости на случай турбулентного течения сжимаемого газа принадлежит Ван Дристи [1]. В своем анализе, однако, он, как и его последователи,