

1. Reis P.M., Jung S., Aristoff J.M., Stocker R. *How cats lap: water uptake by Felis catus*. Science. 2010. V. 330. P. 1231–1234.
2. Tassin, A., Piro, D. J., Korobkin, A. A., Maki, K. J., Cooker, M. J. *Two-dimensional water entry and exit of a body whose shape varies in time*. J. Fluids and Structures. 2013. V. 40, P. 317–336.
3. Korobkin A. A. *A linearized model of water exit*. J. Fluid Mech. 2013. V. 737. P. 368–386.
4. Кузнецова В. В., Остапенко В. В. *Волновые течения, возникающие при вертикальном подвеме из мелкой воды прямоугольного бруса*. ПМТФ. 2015. Т. 56. № 5. С. 102–110.
5. Кузнецова В. В., Остапенко В. В. *Волновые течения, возникающие при подвеме прямоугольного бруса, частично погруженного в мелкую воду*. ДАН. 2016. Т. 467. № 2. С. 163–167.
6. Ostapenko V. V., Kovyrkina O. A. *Wave flows induced by lifting of a rectangular beam partly immersed into shallow water*. J. Fluid Mech. 2017. V. 816. P. 442–467.
7. Головизнин В. М., Зайцев М. А., Карабасов С. А., Короткин И. А. *Новые алгоритмы вычислительной гидродинамики для многопроцессорных вычислительных комплексов*. М.: Изд. МГУ, 2013.

Подобие теплообмена в струях ВЧ-плазмотрона и в гиперзвуковых потоках молекулярных газов

¹А. Ф. Колесников, ²В. И. Сахаров

¹ИПМ имени А.Ю. Ишлинского РАН

²НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова

¹koles@ipmnet.ru

²vl.sakharov@mail.ru

ВЧ-плазмотрон ВГУ-4 (ИПМех РАН) мощностью 100 кВт —
многофункциональная установка для исследований теплофизики

высокоэнтальпийных течений газов, теплообмена и термохимического взаимодействия потоков диссоциированных газов с поверхностью [1]. Установка может работать на воздухе, азоте, кислороде, углекислом газе и аргоне в режимах до- и сверхзвукового истечения плазмы из разрядного канала. Использование чистых плазменных струй индукционных плазмотронов позволяет наиболее полно моделировать термохимическое взаимодействие диссоциированного пограничного слоя с поверхностью материалов тепловой защиты в окрестности носового затупления спускаемых аппаратов. Теплообмен с поверхностью в сверхзвуковых струях индукционного плазмотрона изучался экспериментально и численно в ряде работ. В результате получены согласующиеся экспериментальные и расчетные данные по тепловым потокам и давлению в точке торможения на цилиндрической модели с плоским носком в первой сверхзвуковой зоне недорасширенных струй диссоциированных газов [2-4].

При анализе экспериментальных и расчетных данных по теплообмену возникает вопрос, какие параметры входа затупленного тела в атмосферу Земли или Марса соответствуют условиям теплообмена в точке торможения цилиндрической водоохлаждаемой модели с плоским торцом, находящейся на некотором расстоянии от среза звукового сопла при обтекании ее недорасширенной струей диссоциированного газа. Ответ на него может быть получен из условий локального моделирования теплообмена в критической точке, сформулированных впервые в [5] на основе теории ламинарного диссоциированного пограничного слоя. Эти условия представляют собой равенства полных энтальпий, давлений торможения и градиентов скорости на внешних границах пограничных слоев на обтекаемом затупленном теле и модели. Из них по параметрам сверхзвукового обтекания молекулярными газами цилиндрических моделей с плоским торцом радиуса R_m , расположенных на расстоянии Z_m от среза разрядного канала в плазмотроне, можно определить параметры обтекания сфер соответствующего радиуса R_{w0} гиперзвуковыми равномерными потоками в атмосферах Земли или Марса. При этом тепловые потоки в точках торможения цилиндрических моделей в струях плазмотрона могут быть пересчитаны в тепловые потоки к сферам при соответствующих параметрах обтекания гиперзвуковыми потоками.

Численное моделирование течений в разрядном канале плазмотрона с индукционным нагревом газов и в истекающих недо-

расширенных струях диссоциированных и частично ионизованных молекулярных газов проводилось для ряда режимов работы установки ВГУ-4. Применялась технология, основанная на комплексе программ численного интегрирования уравнений Навье-Стокса [6] и специальных программ-генераторов, взаимодействующих с базами данных по термодинамическим и переносным свойствам индивидуальных газовых веществ.

Установлено, что нормированные зависимости тепловых потоков в точках торможения на модели и сфере от эффективного коэффициента каталитической рекомбинации атомов для условий экспериментов на ВЧ-плазмотроне и соответствующих условий входа сферы в атмосферы планет, связанных условиями локального моделирования теплообмена, подобны. Это ведет к формуле для экстраполяции тепловых потоков к модели в плазмотроне на условия гиперзвукового обтекания сферы при ее полете в атмосферах Земли или Марса.

Данная работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-01-00054.

Литература

1. Гордеев А.Н., Колесников А.Ф. Высокочастотные индукционные плазмотроны серии ВГУ. Сб. Актуальные проблемы механики: Физико-химическая механика жидкостей и газов. Москва, Науча, 2010, с. 151-177.
2. Афолина Н.Е., Васильевский С.А., Громов В.Г., Колесников А.Ф., Першин И.С., Сахаров В.И., Якушин М.И. Течение и теплообмен в недорасширенных струях воздуха, истекающих из звукового сопла плазмотрона // Изв. РАН. МЖГ. 2002. № 5. С. 156-168.
3. Сахаров В.И. Численное моделирование термически и химически неравновесных течений и теплообмена в недорасширенных струях индукционного плазмоторона // Изв. РАН. МЖГ. 2007. № 6. С. 157-168.
4. Гордеев А.Н., Колесников А.Ф., Сахаров В.И. Течение и теплообмен в недорасширенных струях индукционного плазмотрона // Изв. РАН. МЖГ. 2011. № 4. С. 130 – 142.
5. Колесников А.Ф. Условия моделирования в дозвуковых течениях теплопередачи от высокоэнтальпийного потока к

критической точке затупленного тела // Изв. РАН, МЖГ. 1993. № 1. С. 172-180.

6. Afonina N.E., Gromov V.G., Sakharov V. I. HIGHTEMP technique of high temperature gas flows numerical simulations // Proc. 5th Europ. Symp. on Aerothermodyn. Space Vehicles. Cologne, Germany, 2004. SP 563. Noordwijk: ESTEC, 2004. P. 323-328.

Влияние перпендикулярного электрического поля на распад тонкого слоя диэлектрической жидкости, движущегося в газе

В. М. Коровин

НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова

korovale@yandex.ru

Моделирование распада струй топлива в воздушных потоках, возникающего под действием аэродинамических сил, в настоящее время [1] проводят в рамках линейной теории устойчивости. Впервые задача о неустойчивости тонкого слоя невязкой жидкости с параллельными границами, движущегося с постоянной скоростью в покоящемся газе, была рассмотрена в [2]. В [3] на базе уравнений и граничных условий гидромеханики и электростатики исследовано влияние однородного продольного электрического поля на развитие неустойчивости тонкого плоского слоя диэлектрической жидкости, движущегося в потоке газа. Неравные по величине скорости жидкости и газа параллельны полю. Установлено, что поляризационные силы, локализованные на границах слоя, оказывают стабилизирующее воздействие. В работе изучен эффект, вызываемый поляризационными силами в случае однородного внешнего электрического поля перпендикулярного границам слоя. Вдали от жидкости газ покоится. Как и в [2,3] силой тяжести пренебрегается. Исследовано влияние определяющих параметров на скорость роста амплитуд волн, гребни которых перпендикулярны направлению движения слоя. Вычислена длина λ_m наиболее быстро растущей волны. По порядку величины длина λ_m представляет характерный размер фрагментов, образующихся при первичном, по терминологии [1], распаде