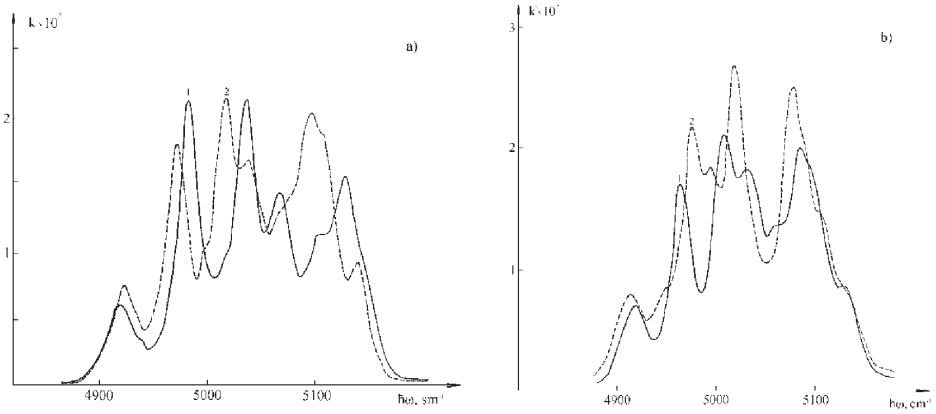

Fig. 1. Absorption spectra of EuIG:
a – 1 – $\vec{k}\|[110],\ \vec{I}\|[\bar{1}11],\ \vec{E}\|[\bar{1}10]$, *2 –* $\vec{k}\|[110],\ \vec{I}\|[\bar{1}10],\ \vec{E}\|[\bar{1}11]$; *b – 1 –* $\vec{k}\|[110],\ \vec{E}\perp\vec{I}\|[\bar{1}10]$, *2 –* $\vec{k}\|[110],\ \vec{E}\perp\vec{I}\|[001]$

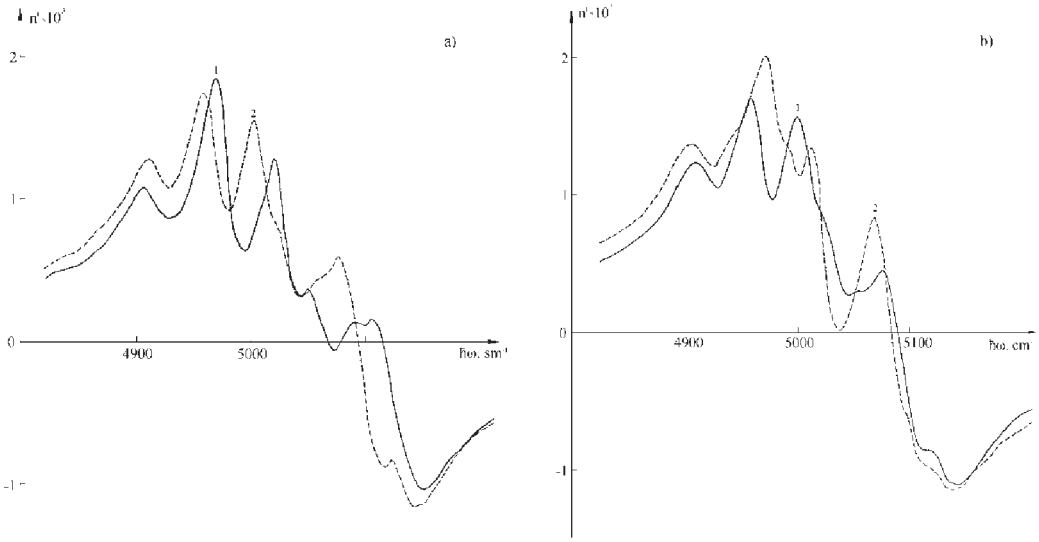

Fig. 2. Frequency dependences of the contribution made to the refractive index by the optical transition $^7F_0 - {}^7F_6$ *of the* Eu^{3+} *ion of the EuIG:*
a – 1 – $\vec{k}\|[110],\ \vec{I}\|[\bar{1}11],\ \vec{E}\|[\bar{1}10]$, *2 –* $\vec{k}\|[110],\ \vec{E}\|[\bar{1}11]$; *b – 1 –* $\vec{k}\|[110],\ \vec{E}\perp\vec{I}\|[\bar{1}10]$; *2 –* $\vec{k}\|[110],\ \vec{E}\perp\vec{I}\|[001]$

The work is executed at support of the Ministry of education and science of the Russian Federation (the project № 2.2527.2011). Investigations were carried out on the equipment of Natural Sciences Research and Education Centre at North-Ossetian State University.

References

1. Wang W., Chen R. and Qi X.: J. Alloy. Compd. Vol. 512 (2012), p. 128.
2. Tsidaeva N., Abaeva V., Enaldieva E., Magkoev T., Turiev A., Ramonova A. and Butkhuzi T.: Key Eng. Mater. Vol. 543 (2013), p.364.
3. Tsidaeva N.I., Abaeva V.V. and Magkoev T.T.: Acta Phys. Polonica A, Vol.121(1) (2012), p. 74.
6. Tsidaeva N.I.: J. Alloy. Compd. Vol. 408-412 (2006), p. 164
7. Nath M., Sharma C.L. and Bharti N.: Rev. Inorg. Chem. Vol. 20 (2000), p. 137.
8. Valiev U.V., Gruber J.B., Dejun F.U., Pelenivich V.O., Burdick and. Malysheva M.E: J. Rare Earth. Vol. 29(8) (2011), p. 776 G.W.
9. Guillot M., Feldmann P. and Le H. Gall: J. Magn. Magn. Mat. Vol. 30(1982), p. 223.
10. Tsidaeva N.I., Abaeva V.V., Enaldieva E.V., Magkoev T.T., Ramonova A.G., Butkhuzi T.G., Kesaev V.I. and Turiev A.M.: Optical Materials Vol. 35 (10) (2013), p. 1783.

РАСЧЕТ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗВРАЩАЕМОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Чжо Зин

Московский физико-технический институт, Долгопрудный, e-mail: zayyarmyomyint@gmail.com

Компьютерное моделирование позволяет при помощи инженерных методов быстро проводить анализ аэродинамических характеристик летательных аппаратов [1, 2]. В работе предлагается создание инженерной программы определения основных аэродинамических характеристик разных формы тел. В работе представлены аэродинамические расчеты компоновок возвращаемого летательного аппарата (ВЛА) типов «Клипер, модель ЦАГИ» с помощью локального метода при различных числах Рейнольдса.

В данной работе используются выражения для элементарных сил давления и трения в форме работы [3].

$$p = p_0 \sin^2\theta + p_1 \sin\theta,\ \tau = \tau_0 \sin\theta \cos\theta.$$

Здесь коэффициенты p_0, p_1, τ_0 (коэффициенты режима течения) зависят от числа Рейнольдса $\mathrm{Re}_0 = \rho_\infty V_\infty L/\mu_0$, в котором коэффициент вязкости μ_0 вычисляется при температуре торможения T_0. Кроме числа Рейнольдса наиболее важным параметром является температурный фактор $t_w = T_w/T_0$, где T_0, T_w – температура торможения и температура поверхности.

Зависимость коэффициентов режима в гиперзвуковом случае должна обеспечивать переход к свободномолекулярным значениям при $\mathrm{Re}_0 \to 0$ и значением теории Ньютона, методов тонких касательных клиньев или конусов при $\mathrm{Re}_0 \to \infty$. На основе анализа расчетных и экспериментальных данных предложены эмпирические формулы

$$p_0 = p_\infty + [p_\infty(2 - \alpha_n) - p_\infty]\, p_1 / z,$$

$$p_1 = z \exp[-(0{,}125 + 0{,}078\, t_w)\mathrm{Re}_{0эфф},$$

$$\tau_0 = 3{,}7\sqrt{2}[R + 6.88\exp(0{,}0072\, R - 0{,}000016\, R^2)]^{-1/2}.$$

Здесь

$$z = \left(\frac{\pi(\chi - 1)}{\chi} t_w\right)^{1/2},\ R = \mathrm{Re}_0\left(\frac{3}{4} t_w + \frac{1}{4}\right)^{-0{,}67},$$

$$\mathrm{Re}_{0эфф} = 10^{-m}\,\mathrm{Re}_0,\ m = 1{,}8(1-h)^3.$$

где h – относительные поперечные размеры аппарата, равный отношению его высоты к длине.

Представлены результаты расчета коэффициентов силы сопротивления, подъемной, момента тангажа для возвращаемого летательного аппарата вариантов «Клипер ЦАГИ [4, 5]». Расчеты проводились с использованием локального метода в диапазоне углов атаки а от 0° до 90° с шагом 5°. Параметры задачи были следующие: отношение теплоемкостей g = 1.4; температурный фактор $t_w = T_w/T_0 = 0.1$; число Рейнольдса $\mathrm{Re}_0 = 0$, 10, 10^2, 10^4. На рис. (2, 3) представлены зависимости C_x(a), C_y(a), m_z(a) при различных значениях числа Рейнольдса. На рис. 2 видно, что с увеличением числа Рейнольдса коэффициент сопротивления тела уменьшается (что можно объяснить уменьшением нормальных и касательных напряжений $p_1(\mathrm{Re}_0)$ и $\tau_0(\mathrm{Re}_0)$).

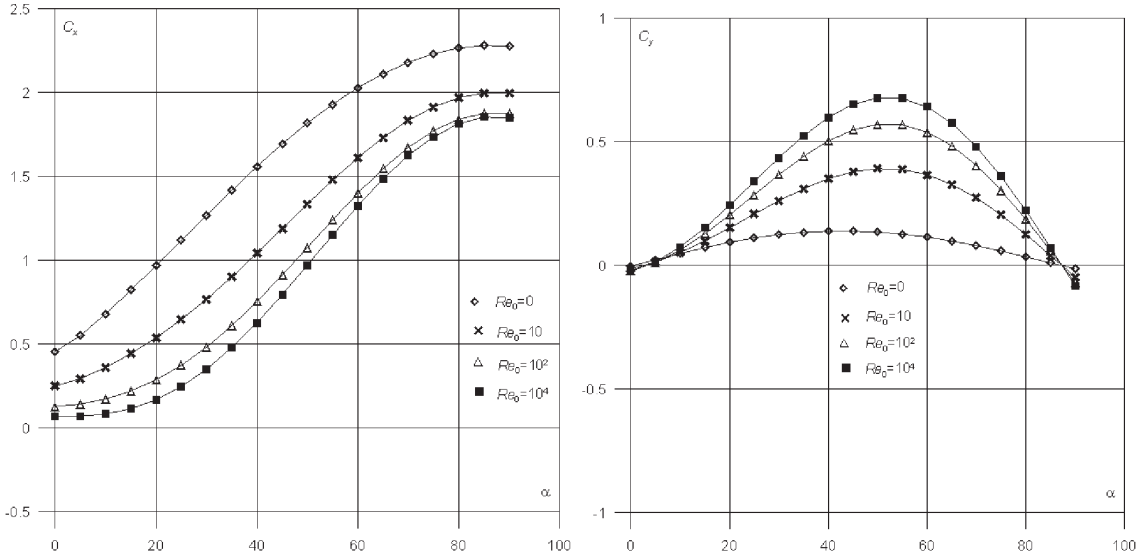

Рис. 1. Зависимость C_x(a) и C_y(a) при различных числах Re_0 (t_w = 0.1) для ВЛА «Клипер»

При больших числах Рейнольдса $\mathrm{Re}_0 \geq 10^6$ характеристики почти не изменяются. Зависимость C_y(a) растает с увеличением числа Рейнольдса (что можно объяснить увеличением нормальных и касательных напряжений $p_1(\mathrm{Re}_0)$ и $\tau_0(\mathrm{Re}_0)$). Значения m_z (a) весьма чувствительны к изменению числа Рейнольдса. С увеличением числа Рейнольдса, m_z (a) меньше нулю при $\mathrm{Re}_0 \sim 10^3$. Проведен анализ расчета аэродинамических характеристик гиперзвуковых летательных аппаратов в потоке разреженного газа методом по гипотезе локальности с привлечением полуэмпирических теорий. Представлен сравнение результатов расчета локальным методом аэродинамических характеристик возвращаемого летательного аппарата «Клипер» в переходном режиме при различных значениях числа Рейнольдса Re_0.

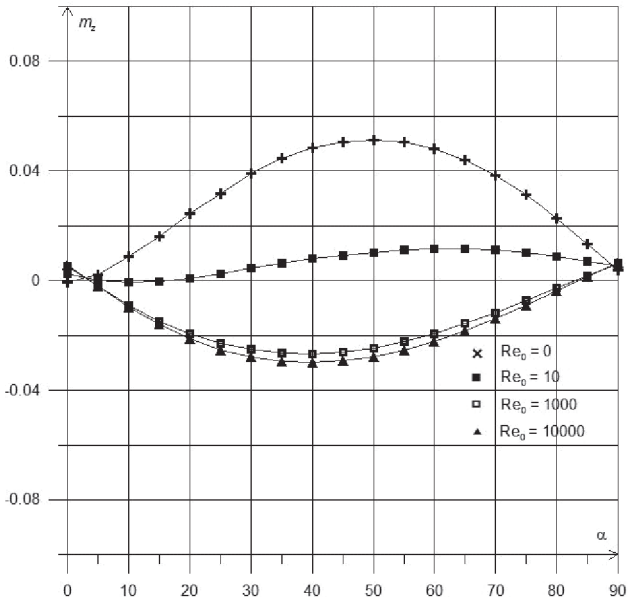

Рис. 2. Зависимость $m_z(a)$ при различных числах Re_0 (t_w = 0.1) для «Клипер ЦАГИ»

Таким образом, локальный метод в переходном режиме дает хорошие результаты для широкого класса тел. Полученные результаты могут быть полезны для будущего проектирования возвращаемого летательного аппарата. Работа выполнена при поддержке РФФИ (Грант № 14-07-00564-а).

Список литературы

1. Хлопков Ю.И., Чернышев С.Л., Зея Мьо Мьинт, Хлопков А.Ю. Введение в специальность II. Высокоскоростные летательные аппараты.– М.: МФТИ, 2013. – 192 с.

2. Белоцерковский О.М., Хлопков Ю.И. Методы Монте-Карло в механике жидкости и газа. – М.: Азбука, 2008.

3. Галкин В.С., Ерофеев А.И., Толстых А.И. Приближенный метод расчета аэродинамических характеристик тел в гиперзвуковом разреженном газе // Труды ЦАГИ. – 1977. – Вып. 1833.

4. Зея Мьо Мьинт, Чжо Зин Расчет аэродинамических характеристик летательного аппарата в высокоскоростном потоке разреженного газа // Труды МАИ. 2010, № 40, 19 с.

5. Зея Мьо Мьинт, Хлопков А.Ю., Чжо Зин, Тху Ейн Тун Использование локального метода для расчета аэродинамических характеристик гиперзвуковых летательных аппаратов в переходном режиме // Труды МАИ. 2012, № 53, 13 с.

6. Хлопков Ю.И., Зея Мьо Мьинт, Хлопков А.Ю., Чжо Зин, Засыпалов В.В. Исследование аэродинамики перспективных гиперзвуковых летательных аппаратов // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы и тенденции развития биологии, химии, физики». – Новосибирск, Изд. Сибирская ассоциация консультантов, 2012. с. 98-103.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В ГИДРАВЛИКЕ

Шайкина В.А., Мокрецова И.С., Ребро И.В., Мустафина Д.А.

Волжский политехнический институт, филиал Волгоградского государственного технического университета, Волжский, e-mail: kaducei.m@mail.ru

Движение жидкостей представляет собой сложное физическое явление, зависящее от многих факторов всегда связанных друг с другом, причем связь между ними выражает физический закон, характеризующий данное явление. Плодотворным методом исследования является применение теории подобия – учение о методах научного обобщения эксперимента. Применение данной теории позволяет выполнять необходимые исследования на моделях небольшого размера, а не на промышленной дорогостоящей аппаратуре. Кроме того, опыты можно проводить не с агрессивными, опасными веществами, а с модельными (водой).

Движение жидкости в трубопроводе характеризуется не только распределением скоростей, но и другими факторами: вязкостью жидкости, ее плотностью и др. Основываясь на теории подобия, для того чтобы жидкость в двух разных трубопроводах двигалась подобно, в их сходственных точках должны быть равны некоторые безразмерные соотношения физических величин, влияющих на движение жидкости. Эти безразмерные соотношения разнородных физических величин называются критериями подобия.

Основными критериями подобия гидромеханических процессов являются:

Кинематический критерий (критерий Рейнольдса), характеризующий действие сил трения в подобных потоках и определяющий режим движения жидкости: $\mathrm{Re} = \frac{\omega l \rho}{\mu}$, где ω [м/с] – скорость движения жидкости, l [м] – определяющий размер, ρ [кг/м^3] – плотность жидкости, μ [Па·с] – коэффициент кинематической жидкости.

Гравитационный критерий (критерий Фруда), характеризующий действие сил тяжести в подобных потоках: $Fr = \frac{\omega^2}{gl}$, где g[м/с^2] – ускорение свободного падения.

Критерий гидравлического сопротивления (критерий Эйлера), характеризующий действие сил давления в подобных потоках: $Eu = \frac{\Delta p}{\rho \cdot \omega^2}$, где Δp[Па] – потери давления.

При моделировании исходят из равенства только тех критериев, которые отражают влияние сил, имеющих наибольшее значение для данных условий.

Решим практическую задачу с использованием теорем подобия: Какой должен быть взят геометрический масштаб модели, если в промышленном аппарате рабочая жидкость – нефть, а в модели – вода, кинематический коэффициент вязкости в 50 раз меньше, чем у нефти? Какую скорость надо дать воде в модели, если скорость нефти в промышленном аппарате 1 м/с? Моделируются одновременно силы трения и силы тяжести.