

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белецкий В. В., Хентов А. А. Вращательное движение намагниченного спутника.- М.: Наука, 1985.- 288 с.
2. Мартыненко Ю.Г. Движение твердого тела в электрических и магнитных полях,— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988.- 368 с.
3. Li-Qun Chen, Yan-Zhu Liu, Gong Cheng, Chaotic attitude motion of a magnetic rigid spacecraft in a circular orbit near the equatorial plane. Journal of the Franklin Institute, Volume 339, Issue 1, January 2002, Pages 121-128
4. Yan-Zhu Liu, Hong-Jie Yu, Li-Qun Chen, Chaotic attitude motion and its control of spacecraft in elliptic orbit and geomagnetic field. Acta Astronautica, Volume 55, Issues 3–9, August–November 2004, Pages 487-494.
5. Matteo Corno, Marco Lovera, Spacecraft attitude dynamics and control in the presence of large magnetic residuals. Control Engineering Practice, Volume 17, Issue 4, April 2009, Pages 456-468.
6. Yehia A. Abdel-Aziz, Attitude stabilization of a rigid spacecraft in the geomagnetic field. Advances in Space Research, Volume 40, Issue 1, 2007, Pages 18-24.
7. Мельников В.К. Об устойчивости центра при периодических по времени возмущениях. Труды Московского математического общества, № 12. 1963. С. 1–56.
8. a.v. doroshin, heteroclinic dynamics and attitude motion chaotization of coaxial bodies and dual-spin spacecraft. communications in nonlinear science and numerical simulation, volume 17, issue 3, 2012, pages 1460-1

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС VVHDFLOW ДЛЯ БЕССЕТОЧНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА.

© 2012 Дынников Я.А., Малахова Т.В.

НИИ механики МГУ, Москва

COMPUTATIONAL PACKAGE VVHDFLOW FOR NUMERICALLY SOLVING UNSTEADY HYDRODYNAMICS AND HEAT TRANSFER PROBLEMS

© 2012 Dynnikov Ya.A., Malakhova T.V.

Computational package VVHDFlow implements method of viscous vortex and heat domains, which is used to solve 2D Navier-Stokes and heat transfer equations. Using this package several problems of unsteady thermohydrodynamics are solved.

С 2004 года в НИИ механики МГУ разрабатывается численный метод вязких вихревых доменов (ВВД) - бессеточный метод моделирования течений вязкой несжимаемой жидкости, основанный на прямом решении двумерных уравнений Навье-Стокса в лагранжевых координатах [1]. К типам задач, которые позволяет эффективно решать метод, относится моделирование произвольного движения тел в потоке жидкости или несжимаемого газа, обтекание деформирующихся тел, а так же решение сопряженных задач динамики тела и жидкости. Позже данный

метод был обобщен для расчета течений теплопроводной жидкости и получил название вязких вихре-тепловых доменов (ВВДТ).

Для реализации данного метода разрабатывается программный комплекс VVHDFlow. Он включает в себя основную программу, в которой проводится расчет, и постпроцессор – набор утилит для обработки и визуализации полученных данных.

С помощью данного комплекса решен широкий круг задач обтекания различных тел. На рис. 1 изображено

обтекание неподвижного кругового цилиндра. Численно воспроизведен эксперимент, в котором вихревая дорожка Кармана за цилиндром визуализировалась с помощью краски, спускаемой в поток с поверхности цилиндра [2]. В расчете краска моделировалась большим количеством маркеров, движущихся со скоростью жидкости.

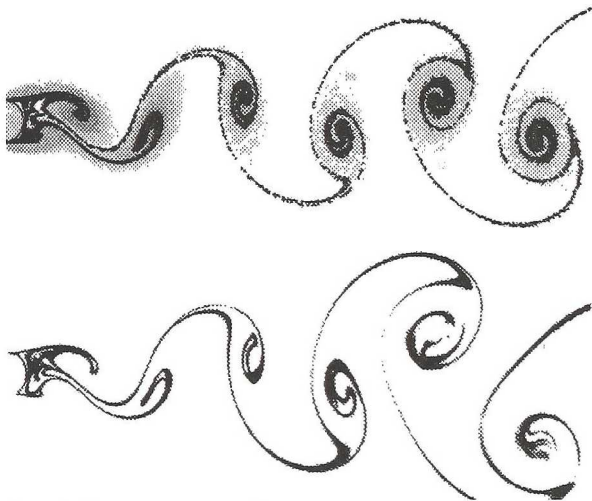


Рис. 1. Визуализация обтекания кругового цилиндра. Сверху: расчет VVHDFlow. Снизу: фотография эксперимента из альбома Ван-Дайка [2]. $Re = 140$.

Впервые в расчетной практике удалось воспроизвести наблюдавшийся в экспериментах Танеды [2] эффект угнетения вихревой дорожки Кармана за цилиндром, совершающим вращательные колебания с высокой частотой. На рис. 2 приведены фотография эксперимента и мгновенные линии тока, полученные численно с помощью комплекса VVHDFlow. Частота вынужденных колебаний f , при которой получены представленные результаты, в 20 раз превосходит частоту колебаний следа f_0 за неподвижным цилиндром.

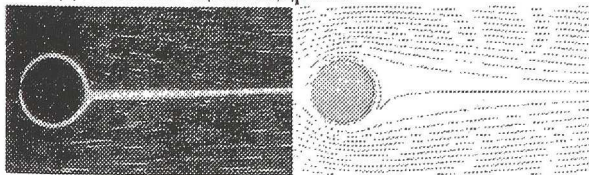


Рис. 2. Обтекание цилиндра, совершающего высокочастотные угловые колебания. $Re = 61$, $Sh = 2.8$ ($f / f_0 = 20$). Слева – эксперимент [3], справа – результат VVHDFlow.

Также был исследован теплообмен цилиндра, вращающегося с постоянной скоростью. Постоянное вращение во всех

случаях приводит к уменьшению теплообмена, причем для больших чисел Рейнольдса наблюдается более интенсивное падение. Это можно объяснить подавлением вторичных отрывов на кормовой части цилиндра при докритических режимах обтекания (рис. 3, А) вплоть до ликвидации первичного отрыва на сверхкритических режимах (рис. 3, Б).

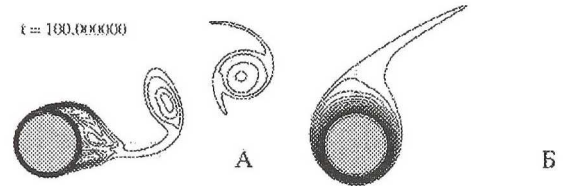
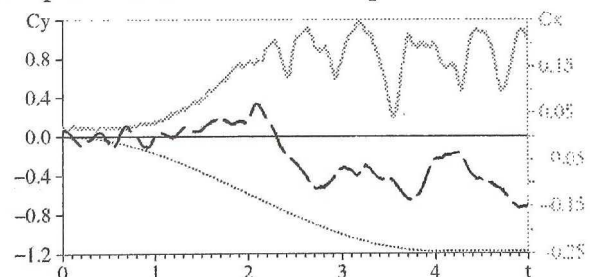


Рис. 3. Мгновенные изотермы при обтекании вращающегося цилиндра. Безразмерная скорость вращения на А - $\alpha = 1$; Б - $\alpha = 5$. $Re = 1000$.

Было исследовано обтекание аэродинамического профиля со спойлером на верхней поверхности. Открытый спойлер тормозит поток на верхней поверхности, что приводит к уменьшению циркуляции на крыле и уменьшению подъемной силы. Тем не менее, в динамике известен эффект кратковременного увеличения подъемной силы при быстром поднятии спойлера. Этот эффект был воспроизведен на программном комплексе VVHDFlow. Полученные значения интегральных сил приведены на рис. 4 сверху, снизу показано поле давления и линии тока в момент максимума подъемной силы. Такое поведение объясняется тем, что в начале процесса за спойлером образуется крупный вихрь и область пониженного давления, а давление перед спойлером измениться не успевает. Таким образом, на профиль начинает действовать избыточная подъемная сила, а также возрастает момент на пикирование.



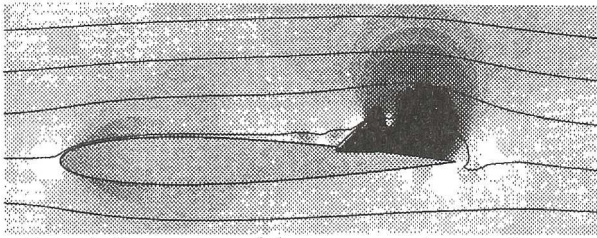


Рис. 4. Сверху – коэффициенты подъемной силы (черным) и сопротивления (серым), действующие на профиль со спойлером в процессе его открытия. Снизу – поле коэффициента давления в момент максимума подъемной силы. $Re = 10^5$

Таким образом, можно сделать вывод о том, что программный комплекс VVHDFlow является эффективным вычислительным инструментом для решения нестационарных задач термогидродинамики. Он позволяет получить много сведений о структурах течений и объяснить природу некоторых явлений. В настоящее время комплекс VVHDFlow продолжает развиваться, что

бы расширить доступный для решения класс задач и расширить возможности обработки результатов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 09-08-01190 и 10-01-00256)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дынникова Г.Я. Лагранжев подход к решению нестационарных уравнений Навье-Стокса // ДАН. 2004. № 399, Т. 1, С. 42-46
2. Ван-Дайк М. Альбом течений жидкости и газа. М.: Мир, 1986. – 184 с.
3. Taneda S. Visual observations of the flow past a circular cylinder performing a rotatory oscillation // Computational Mechanics. 1978. Vol. 45, no. 3. Pp. 1038-1043.

УПРАВЛЕНИЕ НОРМАТИВНЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ В АВИАКОМПАНИИ «ВОЛГА-ДНЕПР»

© 2012 Дятлов А.Ю.¹, Зайкин М.А.², Кондратьева А.С.², Горбунов И.В.²

¹ООО «Авиакомпания Волга-Днепр», ²ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет», Ульяновск

Normative requirement management to ensure the flight safety in Volga-Dnepr Airlines

© 2012 A. Dyatlov, M. Zaykin, A. Kondratyeva, I. Gorbunov

Now there is no generally accepted concept of normative requirement management. The article suggests an approach to the creation of requirement management information system, taking into account flight safety.

Деятельность авиакомпании определяется жесткой регламентацией и контролем со стороны российских и зарубежных государственных органов, устанавливающих правила и порядок эксплуатации и обслуживания воздушных судов. Данные правила и порядок представляют собой задокументированные нормативные требования (НТ).

С другой стороны нормативные требования, предъявляемые к авиакомпаниям в форме законов, правил, стандартов, а также в виде корпоративных документов, в большой степени являются

результатом накопленного опыта «успешного» выполнения действий по авиаперевозке. Следует отметить, что таких нормативных требований большое множество и часть из них частично пересекаются, дублируются, имеют причинно-следственную связь. Большая часть требований непосредственно направлены на обеспечение безопасности полетов, остальная относится к другим аспектам деятельности, которые, тем не менее, могут, опосредовано влиять на безопасность воздушной перевозки.