



Рис. 2 Кинематика спина Динамика спин

Таким образом, возникает значительный момент крыла, действующий право, т.е. в сторону, противоположную отклонению РУС, и превышающий по величине управляющий момент крена от элеронов. Вот в чем состоит физическая природа обратной реакции самолета по крену, возникающая на больших углах атаки при отклонении элеронов. Несколько более сложная физическая картина наблюдается при дифференциальном отклонении консолей стабилизатора на больших углах атаки. Однако, суть остается прежней. Работа поддержана Российским Фондом Фундаментальных Исследований (проект № 14-07-00564).

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ II. ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ (учебное пособие)

Хлопков Ю.И., Чернышев С.Л., Зея Мью Мьинт,
Хлопков А.Ю.

Московский физико-технический институт
(государственный университет), Москва,
e-mail: khlopkov@falt.ru

Стоимость выведения полезной нагрузки на космическую орбиту в настоящее время все еще чрезвычайно велика. Это объясняется высокой стоимостью ракетных двигателей, сложной системой управления, дорогими материалами, используемыми в конструкции ракет и их двигателей и главным образом их одноразовым использованием.

В конце XX – начале XXI веков удельная стоимость выведения полезной нагрузки на низкую орбиту для одноразовых и частично многоразовых носителей США и Западной Европы составляла примерно от 10 000 до 25 000 \$/кг. Для транспортной космической системы «Space Shuttle» стоимость доставки 1 кг полезной нагрузки на околоземную орбиту составляла 10 416 \$/кг (в 2011 г.). Использование нового поколения одноразовых носителей типа «Atlas V», «Delta IV» и «Ariane V» должно было привести к некоторому снижению удельной стоимости

выведения, но, как и ожидалось, не слишком значительному. Вследствие комплекса причин, обусловленных особенностями развития космической техники в СССР, удельная стоимость выведения одноразовыми российскими ракетами заметно меньше. Например, стоимости выведения носителями «Союз» и «Протон» на самом деле составляют 2400 и 2100 \$/кг соответственно. Тем не менее дальнейшее снижение стоимости выведения полезной нагрузки на космическую орбиту связывают с гиперзвуковыми многоразовыми летательными аппаратами. Кстати сказать, теоретически наиболее выгодным с экономической точки зрения доставки грузов и пассажиров в космос является реализация уже в недалеком будущем русской идеи «Космический Лифт».

В конце девяностых – начале двухтысячных годов на факультете по инициативе профессора Хлопкова Ю.И. был разработан проект информационной технологии «АДНАТ» – Аэродинамический Анализ обеспечения создания Авиационно-космической Техники. В результате реализации ряда грантов Российского Фонда Фундаментальных Исследований, а также Минобрнауки поддерживающих проект, на Факультете аэромеханики и летательной техники МФТИ был создан Центр параллельных вычислений коллективного пользования. Центр оснащен современным программным обеспечением. В рамках проекта были определены фундаментальные проблемы в области создания нового поколения аэрокосмической техники, организована совместная работа различных научных коллективов, таких как ЦАГИ, ЦИАМ, ВЦ РАН, ИПМ РАН, ИАП РАН, КБ «Сухой», ООО «ТЕСИС» и др. Развитие Центра позволило продвинуться в решении наиболее сложных задач вычислительной аэродинамики. Это задачи гиперзвуковой аэродинамики, динамики разреженного газа, задачи о течениях в турбореактивных двигателях (turbo jet) и др.

В рамках проекта «АДНАТ» разработан комплекс методов, обеспечивающих анализ и проектирование

гиперзвуковых летательных аппаратов произвольной формы на важнейших участках траектории – необходимого инструмента при создании нового поколения авиационно-космической техники. В итоге в рамках проекта «АДАНАТ» сформировалась довольно стройная система моделей, методов и программ исследования гиперзвуковых течений:

- физико-математические модели высокоскоростных течений, динамики разреженных газов, диссоциации и рекомбинации, модели молекулярного взаимодействия с поверхностями, модели теплового излучения с нагретых поверхностей;

- физические и физико-математические модели турбулентности;

- методы решения многомерных, нелинейных дифференциальных в частных производных и интегральных уравнений – уравнений Эйлера, Навье–Стокса, Больцмана, Рейнольдса;
- методы компьютерной аналитики;

- современные конечно-разностные методы решения гиперболических и параболических проблем;

- схемы высокого (7–9-го и выше) порядка точности для моделирования звуковых колебаний;

- методы статистического моделирования (Монте-Карло) для решения проблем орбитального полета, переходного режима, моделирования турбулентности;

- кинетически согласованные разностные схемы;
- известные лицензионные импортные и отечественные вычислительные комплексы, такие как CFX, FLUENT, SOLIDWORKS, SYSNOISE, АРГОЛА-2, SMILE, FLOWVISION и др.;

- обучающиеся нейронные сети для выбора оптимальных решений.

В рамках проекта были опубликованы следующие книги:

1. Хлопков Ю.И., Жаров В.А., Горелов С.Л. Руководство по компьютерной аналитике. – М.: МФТИ, 2000. – 118 с.

2. Хлопков Ю.И., Жаров В.А., Горелов С.Л. Когерентные структуры в турбулентном пограничном слое. – М.: МФТИ, 2002. – 268 с.

3. Хлопков Ю.И. Статистическое моделирование в вычислительной аэродинамике. – М.: МФТИ, 2006. – 158 с.

4. Белоцерковский О.М., Хлопков Ю.И. Методы Монте-Карло в механике жидкости и газа. – М.: «Азбука», 2008. – 330 с.

5. Хлопков Ю.И., Жаров В.А., Горелов С.Л. Ренормгрупповые методы описания турбулентных движений несжимаемой жидкости. – М.: МФТИ, 2006. – 492 с.

6. Хлопков Ю.И., Жаров В.А., Горелов С.Л. Лекции по теоретическим методам исследования турбулентности. – М.: МФТИ, 2005. – 178 с.

7. Белоцерковский О.М., Хлопков Ю.И., Жаров В.А., Горелов С.Л., Хлопков А.Ю. Орга-

низованные структуры в турбулентных течениях. – М.: МФТИ, 2009. – 303 с.

8. Belotserkovskii O.M., Khlopkov Yu.I. Monte-Carlo Methods in Mechanics of Fluids and Gas, World Scientific Publishing Ltd. N-Y, London, Singapore, Hong Kong, Beijing, 2010. – 268 p.

9. Афанасьева Л.А., Хлопков Ю.И., Чернышев С.Л. Введение в специальность. Аэродинамические аспекты безопасности полетов. – М.: МФТИ, 2011. – 184 с.

Освоение людьми космического пространства является неизбежным этапом развития человеческой цивилизации. В этой связи проблема носит не только научно-технический характер, но и глубокий философский и социальный аспекты. Книга посвящена одному из аспектов практической космонавтики – анализу технических средств освоения космоса. Дается исторический экскурс в появлении и развитии идей, анализе причин осуществления и закрытия некоторых проектов и перспективных направлений освоения космоса.

В представленной книге излагается история развития воздушно-космических проектов мира. Предлагаются методы исследования аэродинамических характеристик воздушно-космических систем и результаты, полученные с их помощью на всех участках траекторий. Книга основана на курсе лекций, прочитанных для студентов факультета аэромеханики и летательной техники МФТИ (государственного университета) профессорами Ю.И. Хлопковым и С.Л. Чернышевым. Книга предназначена для студентов и аспирантов высших учебных заведений авиационно-космического профиля, специалистов и всех, интересующихся вопросами освоением космоса, а также для школьников старших классов при выборе будущей профессии. Работа поддержана Российским Фондом Фундаментальных Исследований (проект № 14-07-00564).

**КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
НА ЭТАПЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ
(учебное пособие)**

Хлопков Ю.И., Чернышев С.Л., Зезя Мью Мьинт,
Хлопков А.Ю.

*Московский физико-технический институт
(государственный университет), Москва,
e-mail: khlopkov@fati.ru*

Этап предварительного проектирования летательных аппаратов (ЛА) характеризуется необходимостью создания эффективных, необязательно высокоточных, но быстродействующих и не дорогих методов получения характеристик аэротермодинамики, динамики, прочности, систем управления ЛА. Как прави-