

# ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ НЕОДНОРОДНОГО ШАРА В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

Б.Я. Локшин, Ю.М. Окунев

НИИ механики МГУ, Мичуринский пр-т 1, 119192 Москва, Россия  
lokshin@imec.msu.ru

В связи с потребностями построения оценок траекторий движения метеоритов (болидов) и их осколков возрос интерес к задаче о движении так называемых плохо обтекаемых тел в воздушной среде. Моделирование полета болидов в полном объеме требует учета многих факторов (процессы теплообмена, унос массы, изменение формы тела, формирование нестационарного аэродинамического воздействия и т.д.). Возникает вопрос: какую информацию о свойствах движения такого тела можно получить с помощью методов классической механики в рамках «простых» постановок задачи?

Задача о движении с большой скоростью твердого недеформируемого тела в однородной неподвижной среде под действием сил только со стороны среды при отсутствии сил другой природы (задача о торможении) уже обсуждалась, в том числе и авторами настоящего сообщения. При описании аэродинамического воздействия на тело учитывались лишь основные качественные особенности его формирования. Было показано, что для тела с формой «общего положения» режим поступательного прямолинейного торможения невозможен. В настоящем сообщении рассматривается плоско-параллельное движение шара (тело с формой не общего положения) с неоднородным распределением массы, для которого указанный режим движения возможен, но вместе с тем появляются и другие режимы движения. Им и посвящено нижеследующее исследование.

Рассматривается плоскопараллельное движение неоднородного шара в сопротивляющейся среде. Предполагается, что центр масс шара не совпадает с его центром. Основными параметрами задачи служат две нормированные величины: смещение и обратный радиус инерции. В этой задаче всегда существуют тривиальные решения, соответствующие режимам прямолинейного поступательного торможения. Кроме того, существует нетривиальное решение, отвечающее режиму торможения с постоянным соотношением между угловой скоростью вращения тела и скоростью его центра масс. Один тривиальный режим, при котором центр масс располагается позади центра шара, всегда неустойчив. Показано, что в области достаточно «реальных» значений параметров существуют также и решения автоколебательного ти-

па, как притягивающие, так и отталкивающие. Такое множество своего рода стационарных решений позволяет построить достаточно богатую бифуркационную картину. Выводы параметрического анализа находят качественное подтверждение в экспериментальных данных.

Работа выполнялась при поддержке грантов РФФИ (11-08-00444, 12-01-00364).

## ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧАХ Н.Е. ЖУКОВСКОГО

**Б.Я. Локшин, В.А. Самсонов, Ю.Д. Селюцкий**

НИИ механики МГУ, Мичуринский пр-т 1, 119192 Москва, Россия  
samson@imec.msu.ru

В связи с построением теории полета Н.Е.Жуковский в своих трудах обсуждал несколько модельных задач: модель [3] материальной точки в сопротивляющейся среде, самовращение пластинки [4], продольный полет летательного аппарата (ЛА) [3]. Эти и подобные им задачи допускают такую теоретико-механическую постановку, которая приводит к динамическим системам малой размерности. Их исследование – не только поле для демонстрации возможностей методов качественного анализа, но и позволяет обнаружить некоторые любопытные свойства поступательно-вращательного движения тела.

В качестве модели материальной точки, движущейся в сопротивляющейся среде, в работе [3] предложено использовать тело (невесомую оболочку), имеющее конечные размеры, но вся масса которого сосредоточена в одной точке  $G$ . При этом ориентация оболочки относительно вектора скорости точки  $G$  должна быть такой, чтобы момент аэродинамических сил, действующих на оболочку, был равен нулю. Соответствующий угол атаки в дальнейшем получил название «балансирующего угла атаки».

В случае отсутствия тяги [1, 3] при некотором значении начальной скорости такая модель иллюстрирует движение ЛА по наклонной прямой, соответствующей балансирующему углу атаки, с постоянной скоростью (режим планирования). По мере увеличения начальной скорости ЛА будет выходить на режим планирования либо с предварительным подъемом (горкой), либо с точкой возврата, либо через петлю (типа петли Нестерова). Известно, что независимо от аэродинамического качества (К) режим планирования является притягивающим «в большом».