

СЕМЕЙСТВА ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ В ПРОСТРАНСТВЕ КВАЗИКОРОСТЕЙ В ЗАДАЧЕ О ДВИЖЕНИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА В СОПРОТИВЛЯЮЩЕЙСЯ СРЕДЕ

М.В. Шамолин

*Институт механики Московского государственного университета
им. М.В. Ломоносова*

shamolin@rambler.ru

Аннотация. В работе изучается задача о движении тела в таком силовом поле, при котором линия действия силы, приложенной к телу, может менять свою ориентацию относительно тела. Подобные условия возникают при движении тела, так сказать, с «большими» углами атаки, в среде при струйном обтекании или при отрывном. Основным объектом исследования является семейство тел, часть поверхности которых имеет конусообразный участок, обтекаемый средой по законам струйного обтекания. При этом поток среды предполагается однородным. Изучены новые типы семейств фазовых портретов в пространстве квазискоростей в задачах о плоскопараллельном и пространственном движении твердого тела в сопротивляющейся среде. Получены достаточные условия устойчивости прямолинейного поступательного торможения твердого тела, а также достаточные условия рождения устойчивых (неустойчивых) автоколебаний около ключевого режима.

Проблема исследования движения тела под действием силы сопротивления «упирается» в отсутствие полного описания силы, поскольку в принципе она зависит и от обобщенных скоростей. Поэтому в дальнейшем при моделировании в динамических уравнениях возможно наличие членов, характеризующих как рассеяние энергии (диссипацию), так и ее подкачку (будем говорить о системах с разгоняющими силами) [1, 2].

Таким образом, процесс моделирования представляет собой последовательность шагов. Сначала изучается предварительная модель силового поля и строится семейство механических систем, движение которых обладало бы различными характеристиками, существенно зависящими от тех параметров модели, информация о которых не полна или отсутствует вовсе. В результате исследования такой модели возникают вопросы, ответы на которые в рамках принятой модели не могут быть найдены. Тогда разработанные объекты становятся предметом детального экспериментального исследования на втором шаге. Такой эксперимент либо предлагает ответы на сформулированные вопросы и вносит в предварительно построенную модель необходимые коррективы, либо выявляет новые вопросы, которые приводят к необходимости повторения начального шага, но уже на новом уровне понимания проблемы. Такой подход связан с описанием особых режимов движения и с их изучением.

На некоторые вопросы качественного характера иногда удается получить ответы, обсуждая традиционную проблему – наличия полного набора первых интегралов у динамической системы. В то же время, изучение поведения динамической системы «в целом» часто заставляет обращаться к численному эксперименту. При этом возникает необходимость в разработке новых вычислительных алгоритмов или усовершенствовании как известных, так и новых качественных методов.

Если тело взаимодействует со средой посредством плоской области, то данная математическая модель уже анализировалась ранее. Так был построен фазовый портрет физического маятника, помещенного в поток среды. Динамическая система, описывающая движение маятника, обладает интересными нелинейными свойствами, что определяет необходимость дальнейшего полного нелинейного анализа и возможного создания методики исследования. Был также разобран вопрос об устойчивости прямолинейных движений свободного тела при струйном обтекании. Исследование проведено на базе линеаризованных уравнений движения тела [3].

При изучении задачи движения твердого тела в среде возникают два аспекта. Первый заключается в построении как можно более точной модели взаимодействия тела со средой. Второй аспект заключается в том, чтобы на базе построенной модели каким-либо образом изучить полученные уравнения движения. Таким образом, возникает необходимость с одной стороны принять удовлетворительную модель воздействия среды, а с другой стороны суметь проинтегрировать численно или аналитически полученные динамические системы.

Поскольку при таком моделировании используется экспериментальная информация о свойствах обтекания, появляется также необходимость исследования свойств глобальной устойчивости и относительной грубости.

В работе получены новые типы семейств фазовых портретов в пространстве квазискоростей в задачах о плоскопараллельном и пространственном движении твердого тела в сопротивляющейся среде. Каждый типичный портрет полученного семейства абсолютно груб. Данные семейства состоят из бесконечного числа топологически неэквивалентных фазовых портретов. При этом переход от одного типичного фазового портрета к другому происходит через перестройку бесконечной степени вырожденности (ср. с [4, 5]).

В задачах о плоскопараллельном и пространственном движении твердого тела в сопротивляющейся среде при наличии дополнительной следящей силы получены новые случаи интегрируемости.

Получены также достаточные условия устойчивости ключевого режима движения – прямолинейного поступательного торможения твердого тела в сопротивляющейся среде. Указаны достаточные условия рождения устойчивых (неустойчивых) автоколебаний около ключевого режима для тел, передней частью поверхности которого является круговой конус.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-01-00020-а.

Литература

1. Шамолин М.В. Методы анализа динамических систем с переменной диссипацией в динамике твердого тела. М.: Изд-во «Экзамен», 2007. 352 с.
2. Шамолин М.В. Динамические системы с переменной диссипацией: подходы, методы, приложения // Фундам. и прикл. матем. 2008. Т. 14. № 3. С. 3-237.
3. Локшин Б.Я., Привалов В.А., Самсонов В.А. Введение в задачу о движении тела в сопротивляющейся среде. М.: Изд-во МГУ, 1986. 86 с.
4. Шамолин М.В. Новое двухпараметрическое семейство фазовых портретов в задаче о движении тела в среде // Докл. РАН. 1994. Т. 337 (5). С. 611-614.
5. Шамолин М.В. Многообразие типов фазовых портретов в динамике твердого тела, взаимодействующего с сопротивляющейся средой // Докл. РАН. 1996. Т. 349 (2). С. 193-197.