водного тракта космического аппарата.

Получение общего решения для системы (2) будет иметь большую теоретическую и практическую значимость, поможет решить большое количество прикладных задач.

Нами прорабатываются подходы к получению общего аналитического решения системы (2).

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ № МК-257.2013.8

Литература

1. Новожилов В. В. *Линейная теория тонких оболочек* – Л. – 1991. – 656 с.
2. Тимошенко С. П. *Пластинки и оболочки*. – М. – 2009. – 640 с.
3. Вольмир А. С. *Гибкие пластинки и оболочки*. – М. – 1956. – 420 с.
4. Михайлов Б. К. *Пластины и оболочки с разрывными параметрами*. – Л. – 1980. – 196 с.
5. Сильченко П. Н. *Методика расчета напряженно-деформационного состояния волноводно-распределительных систем космических аппаратов* // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2012, № 2. – С 150 – 161.

НЕКОТОРЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАДАЧИ О НЕЛИНЕЙНОМ ПАНЕЛЬНОМ ФЛАТТЕРЕ

Куликов А. Н.
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова
Россия, Ярославль, ул. Советская, д.14
anat_kulikov@mail.ru

Как хорошо известно, задача о колебаниях пластинки в сверхзвуковом потоке газа в случае цилиндрического изгиба (см., например, [1, 2]) приводит к необходимости исследования краевых задач для уравнения

$$w_{tt} + g_0 w_t + w_{xxxx} + c w_x = F(w_t, w_x, w_{xx}), \tag{1}$$

где явный вид нелинейности F приведен в работах [1, 2]. Уравнение (1) приведено в перенормированном виде. Так, например, положительный коэффициент c пропорционален скорости потока газа и играет, обычно, роль основного параметра задачи, $g_0 > 0$ – коэффициент демпфирования. После нормировок он пропорционален $E^{-1/2}$, где E модуль упругости. Уравнение (1) рассматривается вместе с краевыми условиями. Например, шарнирного опирания

$$w(t,0) = w(t,1) = w_{xx}(t,0) = w_{xx}(t,1) = 0. \tag{2}$$

Краевые условия (2) могут быть заменены на иные, например, жесткого закрепления.

Явление флаттера в классическом варианте с математической точки зрения можно описать следующим образом. При $c < c_*$ (c_* – скорость флаттера) нулевое состояние равновесия краевой задачи (1), (2) асимптотически устойчиво. При $c > c_*$ нулевое состояние равновесия теряет устойчивость и возникают незатухающие колебания. Строгое математическое обоснование предполагает распространение бифуркационной теоремы Андронова-Хопфа на широкий класс краевых задач для квазилинейных эволюционных уравнений, включающих в себя уравнение (1) (см. [2–4]).

Иное объяснение для жесткого возбуждения колебаний удалось дать, если коэффициент $g_0 << 1$. Случай достаточно типичен, так как коэффициент E очень часто относительно велик. Так, например, для стали $E = 2 \cdot 10^{11}$ Н/м^2. При $g_0 << 1$ автоколебания могут возникнуть при таких значениях $c = c_1$, $c = c_2$, $c = c_3$, когда собственные частоты колебаний линеаризованной задачи близки к резонансам 1:1, 1:2, 1:3, соответственно [5–7]. Отметим, что обычно $c_3 < c_2 < c_1 < c_*$, т.е. колебания возникают раньше, чем будет достигнута скорость флаттера.

Литература

1. Болотин В. В. *Неконсервативные задачи теории упругой устойчивости*. Физматлит. – 1961. – 339 с.
2. Гукенхеймер Дж., Холмс Ф. *Нелинейные колебания, динамические системы и бифуркации векторных полей*. М. – Ижевск. Ин-т. компьютерных исследований. – 2002. – 560 с.
3. Куликов А. Н., Либерман Б. Д. *О новом подходе к исследованию задач нелинейного панельного флаттера* // Вестник Яросл. ун-та. – 1976. – В.6. – С. 118 – 139.
4. Колесов В. С., Колесов Ю. С., Куликов А. Н., Федик И. И. *Об одной математической задаче теории упругой устойчивости* // Прикладная математика и механика. – 1978. – Т. 42. – № 3. – С. 458 – 465.
5. Куликов А. Н. *Бифуркация автоколебаний пластинки при малом коэффициенте демпфирования* // Прикладная математика и механика. – 2009. – Т. 73. – № 2. – С. 271 – 281.
6. Куликов А. Н. *Резонанс 1:3 – одна из возможных причин нелинейного панельного флаттера* // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2011. – Т. 51. – № 7. – С. 1266 – 1279.
7. Куликов А. Н. *Бифуркации малых периодических решений в случае близком к резонансу 1:2 для одного класса эволюционных уравнений* // Динамические системы (Украинский математический журнал). – 2012. – Т. 2(30). – № 5. – С. 241 – 258.

О МЕХАНИЗМЕ ФОРМИРОВАНИЯ ВОЛНОВОГО РЕЛЬЕФА НА ПОВЕРХНОСТИ ПЛОСКИХ ПОДЛОЖЕК ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИОННОЙ БОМБАРДИРОВКИ

Куликов Д. А.
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова
Россия, Ярославль, ул. Советская, д. 14
kulikov_d_a@mail.ru

Введение. Для изучения топографии поверхности предложены ряд математических моделей. В докладе речь пойдет о двух из них. Обе модели появились как развитие физической теории предложенной П. Зигмундом [1]. Первая математическая модель была предложена в работах Р. Брэдли и Дж. Харпера