СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ, ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ПМТУКТ-2017)

СБОРНИК ТРУДОВ X Международной научной конференции
Воронеж, 18-24 сентября, 2017

НК

2017

Министерство образования и науки РФ
Воронежский государственный технический университет
Санкт-Петербургский государственный университет
Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова
Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина
Воронежский государственный университет
Пермский государственный национальный исследовательский университет
Пермский национальный исследовательский политехнический
университет

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ, ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

(ПМТУКТ-2017)

Сборник трудов
X международной конференции
Воронеж, 18–24 сентября 2017 г.

Воронеж
Издательство «Научная книга»
2017

УДК 517.94 (95, 97, 62,63), 519.17 (67, 71, 977)
С568

Оргкомитет. Председатель: С.А. Колодяжный, ректор ВГТУ; сопредседатель: А.П. Жабко, профессор, заведующий кафедрой управления СПбГУ; заместители преседателя: И.Л. Батаронов, профессор, ВГТУ; В.В. Провоторов, профессор, ВГУ; члены оргкомитета: В.Л. Бурковский, В.И.Ряжских, В.В.Малыгина, Ю.А.Гнилицкая, А.А.Парт

Программный комитет. Председатель: Л.А. Петросян; сопредседатели: Е.И. Моисеев, А.Б. Рубин; заместители председателя: И.Л. Батаронов, А.П. Жабко, В.П. Максимов, С.Л. Подвальный, В.В. Провоторов, Г.А. Ризниченко, В.И. Ряжских; члены программного комитета**:** А.Ю. Александров, А.П. Афанасьев, В.П. Борисенков, А.В. Боровских, L. Berezanski, Е.И. Веремей, L. Vitagliano, С.И. Дворецкий, Г.В. Демиденко, Д.В. Дмитришин, A. Domoshnitsky, Я.М. Ерусалимский, Е.С. Жуковский, В.Г. Задорожний, И.В. Ильинов, А.В. Иванов, А.М. Камачкин, Н.Ю. Лукоянов, В.В. Малыгина, А.А. Рогов, Н.Х. Розов, Ю.И. Сапронов, Т.И. Смирнов, A. Shindiapin, А.И. Шашкин, А.П. Хромов, В.А. Юрко

С 568 **Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий:** сб. тр. X междунар. конф. «ПМТУКТ-2017» / под ред. И.Л. Батаронова, А.П. Жабко, В.В. Провоторова; Воронеж. гос. техн. ун-т., Моск. гос. ун-т., С.- Петербург. гос. ун-т., Военно-возд. академия (Воронеж), Воронеж. гос. ун-т., Пермск. гос. нац. исслед. ун-т, Пермск. нац. исслед. политех. ун-т. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2017. –446 с.

ISBN 978-5-98222-937-3

В сборнике представлены статьи по материалам докладов и лекций, включенных в программу X Международной научной конференции ПМТУКТ-2017.

Тематика охватывает широкий спектр проблем прикладной математики, теории управления, дифференциальных игр, качественных методов математического моделирования в различных разделах естествознания (биология, медицина, химия), другие разделы современной прикладной математики (в том числе экономического характера). Представлены приближенные методы исследования математических моделей, компьютерные технологии в процессах управления, а также современные компьютерные технологии создания программных продуктов.

УДК 517.94 (95, 97, 62,63), 519.17 (67, 71, 977)
С 568

ISBN 978-5-98222-937-3

доказательство теоремы 2, но требуют привлечения ряда дополнительных построений.

Литература.

1. Мышкис А.Д. О решениях линейных однородных дифференциальных уравнений первого порядка устойчивого типа с запаздывающим аргументом // Матем. сб. 1951. Т. 28 (70), № 3. С. 641-658.
2. Ladas G. Sharp conditions for oscillations caused by delays // Applicable Anal. 1979. Vol. 9, no. 2. P. 93-98.
3. Коплатадзе Р.Г., Чантурия Т.А. О колеблющихся и монотонных решениях дифференциальных уравнений первого порядка с отклоняющимся аргументом // Дифференц. уравнения. 1982. Т. 18, № 8. С.1463-1465.
4. Fukagai N.; Kusano T. Oscillation theory of first order functional-differential equations with deviating arguments // Ann. Mat. Pura Appl. 1984. Vol. 136, no. 4. P. 95-117.
5. Li B. Oscillation of first order delay differential equations // Proc. Amer. Math. Soc. 1996. Vol. 124, no. 12. P. 3729-3737.
6. Chudinov K. New oscillation conditions for difference equations with several variable delays // Electron. J. Qual. Theory Differ. Equ. 2017. To appear.
7. Chudinov K. Note on oscillation conditions for first-order delay differential equations // Electron. J. Qual. Theory Differ. Equ. 2016. No. 2. P.1-10

УДК 531.01+531.552

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СО СРЕДОЙ ТВЕРДОГО ТЕЛА С ПЕРЕДНЕЙ ЧАСТЬЮ В ВИДЕ КОНУСА

Шамолин М.В.

Рассматривается математическая модель пространственного воздействиясреды на осесимметричное твердое тело, частью участка внешнейповерхности которого является круговой конус. Приводится полнаясистема уравнений движения в условиях квазистационарности.Динамическая часть образует независимую систему шестого порядка, вкоторой выделяются независимые подсистемы меньших порядков.Исследован вопрос устойчивости по части переменных ключевого режима – пространственного прямолинейного поступательного торможения тела.

1. Постановка задачи. Рассмотрим пространственное движение однородного осесимметричного твердого тела массы m, имеющего конусообразную переднюю часть, взаимодействующую с потоком среды в условиях струйного или отрывного обтекания (рис. 1) (см. также [1, 2, 3]).

Если (v,α,β) – сферические координаты вектора $\boldsymbol{v}_D$ скорости точки D (вершины конуса, рис. 1), то расстояние D_1N точки N приложения силы воздействия среды $\boldsymbol{S}$ определяется, для простоты, лишь одним параметром – углом атаки α, измеряемым между вектором скорости точки D и осью симметрии Dx (угол $xD\boldsymbol{v}_D$, рис. 1): $D_1N = R(\alpha)$. При этом угол β равен углу yD_1N (вектор $\boldsymbol{v}_D$ проектируется на прямую D_1N).

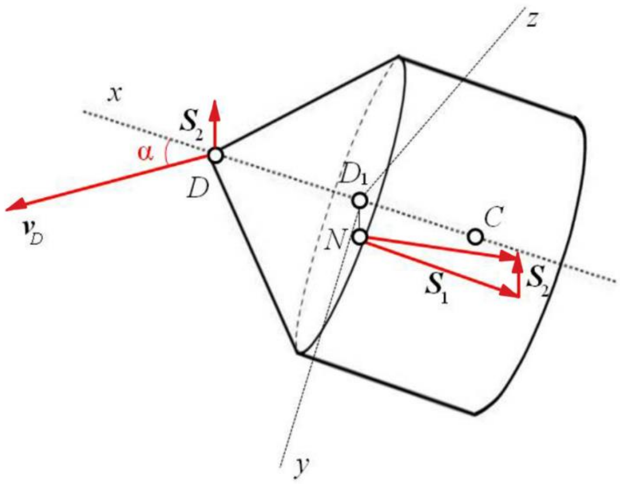

Рис. 1. Модель пространственного взаимодействия тела со средой

Если $(0,y_N(\alpha,\beta),z_N(\alpha,\beta))$ – координаты точки N в системе D_1xyz, жестко связанной с телом (рис. 1), то, очевидно, $R^2 = y_N^2 + z_N^2$. Силы лобового $\boldsymbol{S}_1$ и бокового $\boldsymbol{S}_2$ сопротивления (рис. 1) будем представлять в квадратичном виде по скорости точки D:

$$\boldsymbol{S}_1 = \boldsymbol{S}_x = -s(\alpha)v^2\boldsymbol{e}_x,\ \boldsymbol{S}_2 = \boldsymbol{S}_y + \boldsymbol{S}_z,\ \boldsymbol{S}_y = -b(\alpha)v^2\cos\beta\boldsymbol{e}_y,\ \boldsymbol{S}_z = -b(\alpha)v^2\sin\beta\boldsymbol{e}_z,\ |\boldsymbol{v}_D| = v,$$

при этом векторы $\boldsymbol{S} = \boldsymbol{S}_1 + \boldsymbol{S}_2$ и $\boldsymbol{v}_D$ лежат в одной плоскости. Таким образом, тройка функций $R(\alpha)$, $s(\alpha)$, $b(\alpha)$ определяет воздействие среды на твердое тело при пространственном движении в условиях квазистационарности [4, 5]. О плоскопараллельном аналоге данной задачи см. также [1, 2].

Свяжем с телом систему $Dxyz$и направим ось Dx вдоль оси геометрической симметрии тела. Оси Dy и Dz жестко свяжем с круглым диском. Компоненты вектора угловой скорости $\boldsymbol{\Omega}$ в системе $Dxyz$ обозначим через $\{\Omega_x,\Omega_y,\Omega_z\}$. Тензор инерции динамически симметричного тела в осях $Dxyz$ имеет диагональный вид: $\mathrm{diag}\{I_1,I_2,I_2\}$. Воспользуемся гипотезой квазистационарности и будем для простоты предполагать, что величина $R_1 = DN$ определяется, по крайней мере, углом атаки α, измеряемым между вектором скорости $\boldsymbol{v}$ центра D диска и прямой Dx. Таким образом, $DN = R_1(\alpha,\ldots)$. Кроме того, примем величину силы сопротивления в виде $S = |\boldsymbol{S}| = s_1(\alpha)v^2$, $v = |\boldsymbol{v}|$. Для удобства вместо коэффициента $s_1(\alpha)$ введем вспомогательную функцию $s(\alpha)$: $s_1 = s_1(\alpha) = s(\alpha)\mathrm{sgn}\cos\alpha$. Таким образом, пара функций $R_1(\alpha,\ldots)$ и $s(\alpha)$ определяет силомоментные характеристики воздействия среды на диск (о классах функций R_1 иsсм. [1, 2]).

2. Динамическая часть уравнений движения. Если diag$\{I_1,I_2,I_2\}$ – тензор инерции тела в осях D_1xyz, связанных с телом (оси D_1y и D_1z жестко связаны с перпендикулярным круговым сечением конуса, а в ось D_1x совпадает с осью симметрии тела), $\sigma = CD$, C – центр масс (рис. 1), $(\Omega_1,\Omega_2,\Omega_3)$ – компоненты угловой скорости тела в осях D_1xyz, то динамическую часть уравнений движения можно представить в следующем виде:

$$v^{\bullet}\cos\alpha-\alpha^{\bullet}v\sin\alpha+\Omega_2 v\sin\alpha\sin\beta-\Omega_3 v\sin\alpha\cos\beta+\sigma(\Omega_2^2+\Omega_3^2)=-s(\alpha)v^2/m,$$

$$v^{\bullet}\sin\alpha\cos\beta+\alpha^{\bullet}v\cos\alpha\cos\beta-\beta^{\bullet}v\sin\alpha\sin\beta+\Omega_3 v\cos\alpha-$$
$$-\Omega_1 v\sin\alpha\sin\beta-\sigma\Omega_1\Omega_2-\sigma\Omega_3^{\bullet}=-b(\alpha)v^2\cos\beta/m,$$
$$v^{\bullet}\sin\alpha\sin\beta+\alpha^{\bullet}v\cos\alpha\sin\beta+\beta^{\bullet}v\sin\alpha\cos\beta+\Omega_1 v\sin\alpha\cos\beta- \tag{1}$$
$$-\Omega_2 v\cos\alpha-\sigma\Omega_1\Omega_3+\sigma\Omega_2^{\bullet}=-b(\alpha)v^2\sin\beta/m,$$
$$I_1\Omega_1^{\bullet}=-y_N(\alpha,\beta)b(\alpha)v^2\sin\beta+z_N(\alpha,\beta)b(\alpha)v^2\cos\beta,$$
$$I_2\Omega_2^{\bullet}+(I_1-I_2)\Omega_1\Omega_3=-z_N(\alpha,\beta)s(\alpha)v^2,\ I_2\Omega_3^{\bullet}+(I_2-I_1)\Omega_1\Omega_2=y_N(\alpha,\beta)s(\alpha)v^2,$$

где $y_N(\alpha,\beta)=R(\alpha)\cos\beta$, $z_N(\alpha,\beta)=R(\alpha)\sin\beta$.

где $y_N(\alpha,\beta)=R(\alpha)\cos\beta$, $z_N(\alpha,\beta)=R(\alpha)\sin\beta$.

Система (1) имеет циклический первый интеграл вида $\Omega_1=\Omega_1^0=\mathrm{const}$,и в дальнейшем будем рассматривать динамику системы на нулевом егоуровне:

$$\Omega_1^0=0. \tag{2}$$

Для определения вида тройки функций $R(\alpha)$, $s(\alpha)$, $b(\alpha)$ используется экспериментальная информация о свойствах струйного обтекания (см. также [3, 4]).

Проектируя угловые скорости на подвижные оси, не связанные с телом, так, что $z_1=\Omega_2\cos\beta+\Omega_3\sin\beta$, $z_2=\Omega_3\cos\beta-\Omega_2\sin\beta$, и вводя новые безразмерные фазовые переменные и дифференцирование по формулам $z_i=Z_i n_0 v,\ i=1,2$, <•> = n_0v<’>, система (1) приведется к следующему виду:

$$v'=v\Psi(\alpha,Z_1,Z_2), \tag{3}$$

$$\alpha'=-Z_2+\mu_2(Z_1^2+Z_2^2)\sin\alpha+\frac{\sigma}{I_2 n_0}R(\alpha)s(\alpha)\cos\alpha+\frac{1}{mn_0}[s(\alpha)\sin\alpha-b(\alpha)\cos\alpha], \tag{4}$$

$$Z_2'=\frac{1}{I_2 n_0^2}R(\alpha)s(\alpha)-Z_1^2\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}-Z_2\Psi(\alpha,Z_1,Z_2), \tag{5}$$

$$Z_1'=Z_1Z_2\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}-Z_1\Psi(\alpha,Z_1,Z_2), \tag{6}$$

$$\beta' = Z_1 \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}, \tag{7}$$

$$\Psi(\alpha, Z_1, Z_2) = -\mu_2 (Z_1^2 + Z_2^2)\cos\alpha + \frac{\sigma}{I_2 n_0} R(\alpha) s(\alpha) \sin\alpha - \frac{1}{mn_0}[s(\alpha)\cos\alpha + b(\alpha)\sin\alpha],$$

при этом выбирая безразмерные параметры μ_1, μ_2, μ_3 следующим образом: $\mu_1 = 2B/mn_0$, $\mu_2 = b = \sigma n_0$, $n_0^2 = AB/I_2$, $\mu_3 = H_1 = 2b_1/mn_0$ ($B = s(0)$, $A = F'(0)$, $b_1 = b'(0)$). Уравнения (4)–(7) системы (3)–(7) образуют независимую подсистему четвертого, а уравнения (4)–(6) – третьего порядка.

3. Достаточное условие устойчивости прямолинейного поступательного торможения.Исследуем устойчивость ключевого режима – пространственного прямолинейного поступательного торможения – по отношению квозмущениям угла атаки и угловой скорости, т.е. по отношению к переменным α, Z_1, Z_2. Другими словами, исследуем устойчивость тривиального решения независимой системы третьего порядка (4)–(6) (если доопределить данную систему по непрерывности в начале координат). Справедливо следующее важное утверждение.

Предложение.*Плоскость*$\{(\alpha,Z_1,Z_2):Z_1=0\}$*является интегральной для системы*(3)–(7).

Более того, после формальной подстановки Z_1=0 в систему(3)–(7)оставшиеся два уравнения наα, Z_2 образуют систему, описывающую динамикуплоскопараллельного движения тела [5].

Важным следствием последних замечаний является возможностьиспользования функции

$$V_1(\alpha,Z_1) = Z_1\sin\alpha \tag{8}$$

в качестве функции Ляпунова (Четаева) в полуограниченном слое$\{(\alpha,Z_1,Z_2):0 <\alpha<\pi, Z_1>0\}$, поскольку в нем данная функция положительно определена.

Теорема.*Функция* (8) *в полуограниченном слое является для системы* (4)–(6) *функцией Ляпунова (Четаева), т.е. ее производная в силу системы*(4)–(6)*отрицательно определена при* $\mu_3 > 2(\mu_1 + \mu_2)$ *и положительно определена при* $\mu_3 < 2(\mu_1 + \mu_2)$.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 15-01-00848-а).

Литература .

1. Шамолин М.В. Методы анализа динамических систем с переменной диссипацией в динамике твердого тела. – М.: Экзамен, 2007. 352 с.

2. Чаплыгин С.А. О движении тяжелых тел в несжимаемой жидкости // В кн. Полн. собр. соч. Т. 1. Л.: Изд-во АН СССР, 1933. – С. 133–135.

3. Шамолин М.В. Динамические системы с переменной диссипацией: подходы, методы, приложения // Фундам. и прикл. матем. – 2008. – Т. 14. – Вып. 3. – С. 3–237.

4. Шамолин М.В. Моделирование движения твердого тела в сопротивляющейся среде и аналогии с вихревыми дорожками // Матем. моделирование. – 2015. – Т. 27. – № 1. – С. 33–53.

5. Шамолин М.В. Автоколебания при моделировании воздействия среды на твердое тело // Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий.Сб. тр. IX междунар. конф. “ПМТУКТ-2016” (Воронеж, 20–26 сентября 2016 г.), ред. И. Л. Батаронов, А. П. Жабко, В. В. Провоторов. – Воронеж: «Научная книга», 2016. – С. 398–401.

УДК 004.891

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЕКЦИОНИСТСКИХ ЭС ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА(NATURALLANGUAGEPROCESSING - NLP)

Шевцов К.И.

Виды символьной/коннекционнистской интеграции для процессов обработки естественного языка.

Несмотря на то, что в области гибридных и конекционистских подходов к обработке естественного языка было опубликовано немало работ, большинство из них было сконцентрировано на каком-то одном подходе, а не на гибридных системах, их интерпретации и принципах коммуникации в различных архитектурах. Мы же сосредоточимся на различных типах гибридного, коннекционистского подхода к обработки естественного языка.

На рисунке 1 представлен обзор различных возможностей для объединения разных подходов при обработке естественного языка. Сплошной окружностью представлен конекционистский подход, пунктирным прямоугольником – “символьная интерпретация”.Коннекционистская структура является первым типом символьно/коннекционистских архитектур. Она может моделировать сложные когнитивные функции и полагаться исключительно на коннекционистские представления. Символьное знание появляется как интерпретация коннекционистских представлений. Часто определенное знание о задаче встроено в архитектуру коннекционистской структуры.