

Издание подготовлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований,
грант № 14-38-10194 мол_а.

Под общей редакцией
кандидата технических наук, доцента *М.И. Рыковской*

П84 Прочность, ползучесть и разрушение строительных
и машиностроительных материалов и конструкций :
труды Международной молодежной научной конференции,
посвящённой 55-летию РУДН. Москва, 18–21 ноября
2014 г. – Москва : РУДН, 2014. – 346 с. : ил.

ISBN 978-5-209-06240-0

Приводится содержание основных докладов Международной
молодёжной конференции «Прочность, ползучесть и разрушение строи-
тельных и машиностроительных материалов и конструкций», проходив-
шей с 18 по 21 ноября 2014 г. в Москве. Конференция была организована
Российским университетом дружбы народов при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований.

В рамках Международной молодежной конференции работали
три секции. Материалы для публикации отобраны Оргкомитетом конфе-
ренции в соответствии с рекомендациями независимых рецензентов
и расположены по секциям. Труды публикуются с сохранением стиля
и орфографии авторов.

Труды Международной молодежной конференции могут пред-
ставлять интерес для научных работников, аспирантов, инженеров, зани-
мающихся аналогичными задачами, и будут полезны для преподавателей
и студентов высших учебных заведений математического и технического
профиля.

Издание подготовлено Оргкомитетом Международной молодёж-
ной конференции.

УДК 624.04:621.691(063)
ББК -022*3,2)+22.251+38.3+38.5+34.43

ISBN 978-5-209-06240-0

© Коллектив авторов, 2014
© Российский университет дружбы народов,
Издательство, 2014

**Международная молодежная научная
конференция
«Прочность, ползучесть и разрушение
строительных и машиностроительных
материалов и конструкций»**

Секция 1

**Мастер-классы
известных специалистов в области
прочности, ползучести и разрушения
материалов**

**Master-classes of well-known specialists in the field of
strength, creeping, and failure of materials**

18 ноября 2014 год

1. Иванов В.Н., Кривошапко С.Н. Аналитические методы расчёта оболочек неканонической формы. — Москва: РУДН, 2010. — 542с.
2. Иванов В.Н., Кушнаренко И.В. Подкрепления в вариационно-разностном методе расчёта оболочек сложной формы // *Вестник МГСУ*. — 2014. — № 5. — С. 25–34.
3. Иванов В.Н., Кушнаренко И.В. Расчёт подкреплённых пластинок с помощью вариационно-разностного метода (ВРМ), предназначенного для расчёта тонкостенных конструкций // *Строительная механика и расчёт сооружений*. — 2014. — № 3. — С. 43–49.
4. Гольденвейзер А.Л. Теория упругих тонких оболочек. — Москва: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1953. — 544с.
5. Рацевский П.К. Курс дифференциальной геометрии. — Москва: URSS, 2008. — 428с.
6. Новожилов В. В., Черных К. Ф., Михайловский Е. И. Линейная теория тонких оболочек. — Л.: Политехника, 1991. — 656с.

AN ACCOUNT OF RIBS, THAT DON'T COINCIDE WITH LINES OF PRINCIPAL CURVATURES, IN A SHELL ANALYSIS BY VARIATIONAL-DIFFERENCE METHOD

I.V. KUSHNARENKO

Peoples' friendship university of Russia, Moscow, Russia

It is considered stiffeners, that don't coincide with lines of principal curvatures, in the variational-difference method (VPM) analysis of shells of complex shape defined in the lines of the principal curvatures.

Ribs are described by the Kirchhoff-Clebsch theory of curved bars: a tension, a bending and torsion of a rib are taken into account; shells are described by the Kirchhoff-Love theory of thin elastic shells.

KEYWORDS: reinforcements, ribs, ribbed shells, ribs not in lines of curvature, form-finding, numerical methods, variational-difference method, total potential energy.



О. М. СЕМКИВ, к.т.н., с.н.с.
НУГЗУ, г. Харьков, Украина
leokids@mail.ru

Рассмотрен способ определения области устойчивости горизонтального движения судна на воздушной подушке (СВП) с целью предотвращения попадания его в аварийные ситуации, связанные с потерей устойчивости.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фазовый портрет, судно на воздушной подушке, функция Ляпунова, области устойчивости движения.

Судно на воздушной подушке является транспортным средством со сложным управлением. Критические состояния при его движении [1] могут быть вызваны сложными условиями судовождения, обусловленными, например, сложной траекторией движения, а также нелинейным характером описания динамики системы (выходом ее на границу устойчивости).

Изучение аварий СВП [1, 2] показало, что аварийная ситуация начинается из увеличения угла рыскания φ и скорости рыскания (ω_φ) и сопровождается нарастанием угла дрейфа β . Этот процесс характерный для нарушения устойчивого движения в горизонтальной плоскости. На дальнейших стадиях развития аварий наблюдается рост крена θ и дифферента ψ , которые приводят к опрокидыванию. Поэтому повышение безопасности СВП требует увеличения запаса устойчивости движения, прежде всего, в горизонтальной плоскости. Вследствие чего, анализ границы области устойчивости рассматривается именно на примере горизонтального движения СВП.

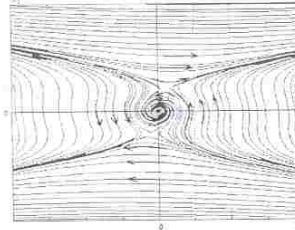


Рис. 1. Фазовый портрет горизонтального движения КПП; рисунок заимствован из работы [4]

Анализ фазового портрета СВП [2] при отсутствии управляющих и возмущающих действий, в плоскости параметров состояния (ω_φ , β), показал (рис.1), что фазовый портрет горизонтального движения СВП

содержит три точки равновесия, одна из которых - устойчивая (типа "устойчивый фокус") - расположена в начале координат между двумя другими неустойчивыми особыми точками типа "седло". Область устойчивого неуправляемого движения корабля находится, таким образом, в ограниченной области изменения угла дрейфа β (далее обозначено как x_2) и скорости рыскания ω_r (обозначено как x_1).

Поскольку обычно интересуют не отдельно взятые значения управляющих и возмущающих воздействий, а результат их взаимного действия, т.е. алгебраическая сумма данных действий, то целесообразно ввести [2] понятие эквивалентного внешнего возмущения $\bar{\delta}$. Это возмущение определяется как $\bar{\delta} = B\delta + w$, где B - матрица коэффициентов управляющих воздействий, w - матрица возмущающих действий, которые зависят от воздействия ветро - волнового процесса на корпус СВП. Тогда система уравнений, которая моделирует движение СВП в горизонтальной плоскости, запишется в следующем виде [4]:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{21}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + \bar{\delta}_1 = F_1(x_1, x_2, \bar{\delta}_1); \\ \dot{x}_2 &= a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \bar{\delta}_2 = F_2(x_1, x_2, \bar{\delta}_2) \end{aligned} \quad (1)$$

где $\bar{\delta}_1 = b_{11}\delta + w_1(t)$, $\bar{\delta}_2 = b_{21}\delta + w_2(t)$, а значения коэффициентов определены из таблицы.

Таблица. Коэффициенты математической модели

a_{11}	a_{12}	a_{22}	b_{11}	b_{21}	a_1	a_2	a_3
-0,011	1,0	-0,057	0,011	0,009	-0,04	-0,005	0,246

Поскольку величина $\Delta = \frac{\partial F_1}{\partial x_1} + \frac{\partial F_2}{\partial x_2} = a_{11} + a_{22} < 0$, то согласно

критерию Бендиксона [3] система (1) не имеет предельных циклов и не имеет замкнутых контуров, составленных из ее траекторий. Поэтому система (1) не может иметь одновременно две сепаратрисы, проходящих от одной неустойчивой точки в другую, и из второй точки - в первую.

Область тяготения "устойчивого фокуса" системы (1) с учетом выражения для Δ будем оценивать (при $A > 0$) с помощью определенной квадратичной функции Ляпунова:

$$V = \frac{Ax_1^2 + x_2^2}{2} \quad (2)$$

Итак, при построении фазовых портретов необходимо предусмотреть определение максимально возможного положительного числа $C > 0$ такого, чтобы на эллипсоидальных линиях (ветвях фазовых портретов)

$$\frac{Ax_1^2 + x_2^2}{2} = C, \quad (3)$$

производная функции Ляпунова была бы строго отрицательной.

Постановка задачи. Построить фазовые портреты системы дифференциальных уравнений (1) в зависимости от входных параметров.

Выражение для производной функции V необходимо вычислять через систему линейного приближения в окрестности устойчивой точки

$$\begin{aligned} \dot{V} &= Ax_1(a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \bar{\delta}_1) + x_2(x_1 + a_{22}x_2 + \bar{\delta}_2) = \\ &= Aa_{11}x_1^2 + (Aa_{11} + 1)x_1x_2 + a_{22}x_2^2 + A\bar{\delta}_1x_1 + \bar{\delta}_2x_2 \end{aligned} \quad (4)$$

При этом постоянную $A > 0$ необходимо выбрать так, чтобы производная (4) принимала бы отрицательное значение.

В случае отсутствия внешних возмущений системы СВП (т.е. при $\delta = 0$) был получен фазовый портрет (рис. 2), построенный на фоне поля изоклин системы уравнений (1) с коэффициентами, которые задано в таблице. Идеальную устойчивость системы можно обеспечить, когда скорость рыскания ω_r (параметр x) находится в пределах $[-0,05; 0,05]$, а изменения угла дрейфа β (обозначено как y) - в пределах $[-0,3; 0,3]$ условных единиц.

Наличие поля изоклин системы уравнений (1) указывает на отсутствие общих точек у ветвей фазового портрета, независимо от начальных условий их построения.

Наличие внешних возмущений системы СВП можно учесть с помощью функций описания возмущающих действий, которые вызывают на корпусе СВП ветро - волновой процесс по синусоидальному закону:

$$w_1(t) = h \sin(t/10); \quad w_2(t) = h \sin(t/20) \quad (5)$$

и с учетом управляющих действий:

$$\bar{\delta}_1 = b_{11}\delta + w_1(t); \quad \bar{\delta}_2 = b_{21}\delta + w_2(t). \quad (6)$$

Компоненты формулы (6) определяют эквивалентное внешнее возмущение $\bar{\delta}$ [2], и позволяют обнаруживать результат взаимного воздействия управляющих и возмущающих действий. Здесь через h обозначена амплитуда синусоидальных возмущений. На рис. 3 для

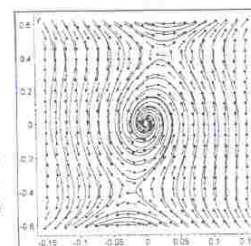


Рис. 2. Фазовый портрет устойчивой системы СВП

примера, приведены фазовые портреты, соответственно, для $\delta=0,1$ и $h=0,01$; $\delta=0,3$ и $h=0,02$; $\delta=0,3$ и $h=0,02$ условных единиц [5-8].

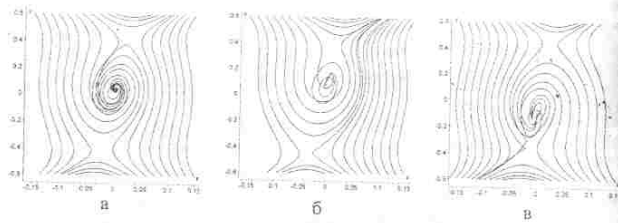


Рис. 3. Фазовые портреты для $\delta = 0,1$ и $h = 0,01$ (а); $\delta = 0,3$ и $h = 0,02$ (б) и $\delta = 0,3$ и $h = 0,02$ условных единиц

При этом выражения для производной функции Ляпунова (4) имеют, соответственно, вид (здесь сохранен синтаксис языка Maple)

$$\begin{aligned}
 dV &= A X(t) \left(-0.011 X(t) - 0.04 Y(t) + 0.0011 + 0.001 \sin\left(\frac{t}{10}\right) \right) \\
 &+ Y(t) \left(X(t) - 0.057 Y(t) + 0.0009 + 0.001 \sin\left(\frac{t}{20}\right) \right) \\
 dV &= A X(t) \left(-0.011 X(t) - 0.04 Y(t) + 0.0033 + 0.002 \sin\left(\frac{t}{10}\right) \right) \\
 &+ Y(t) \left(X(t) - 0.057 Y(t) + 0.0027 + 0.002 \sin\left(\frac{t}{20}\right) \right) \\
 dV &= A X(t) \left(-0.011 X(t) - 0.04 Y(t) - 0.0033 + 0.002 \sin\left(\frac{t}{10}\right) \right) \\
 &+ Y(t) \left(X(t) - 0.057 Y(t) - 0.0027 + 0.002 \sin\left(\frac{t}{20}\right) \right)
 \end{aligned}$$

а коэффициенты для описания эллипса (3) при $t = 10$ получены в виде

$$\begin{aligned}
 F_1 &= 0.0012955975324 + 0.05253253995 = C \\
 F_2 &= 0.0035466599024 + 0.1008416242 = C \\
 F_3 &= 0.0003438819884 + 0.01868246094 = C
 \end{aligned}$$

Реализация полученных результатов поможет учитывать параметры возмущений при движении корабля на воздушной подушке, и позволит дать рекомендации относительно их компенсации, используя бортовые средства управления, такие как аэродинамические либо потоковые рули, винты переменного шага и т.п.

Заключение: Анализ фазовых портретов динамической системы (1) в зависимости от значений исходных параметров поможет определить области устойчивости горизонтального движения судна на воздушной подушке с целью предотвращения попадания его в аварийные ситуации, связанные с потерей устойчивости.

Литература

1. Короткий И.М. Аварии судов на воздушной подушке и подводных крыльях / И.М.Короткий. - Л.: Судостроение, 1981. 216с.
2. Лукомский Ю.А. Общие закономерности и специфические особенности в математических моделях морских подвижных объектов / Ю.А.Лукомский, А.Л.Стариченков // Гироскопия и навигация, №2 (17), СПб, 1997. - С.44- 52
3. Баутин Н.Н. Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости / Н.Н.Баутин, Е.А.Леонтович. М.: Наука, 1990. 287с.
4. Стариченков А.Л. Эллиптическая аппроксимация границы области устойчивости горизонтального движения корабля на воздушной подушке / А.Л.Стариченков // ИИПТ РАН. Труды ИИПТ, 2000, № 4
5. Куценко Л.М. Визначення області стійкості горизонтального руху корабля на повітряній подушці / Л.М.Куценко, М.М. Пікасов // Геометричне та комп'ютерне моделювання. Харків: ХДУХТ, 2007. - Вип. 20. - С. 45-52.
6. Куценко Л.М. Визначення критичних значень параметрів нелінійних диференціальних рівнянь за допомогою анімації зображень їх розв'язків / Л.М.Куценко, М.М.Пікасов // Прикладна геометрія і інженерна графіка. - Київ: КНУТД, Випуск 78, 2007. - С. 33 - 40.
7. Пікасов М.М. Розрахунок області стійкості руху корабля на повітряній подушці / М.М.Пікасов // Наукові нотатки. «Сучасні проблеми геометричного моделювання». Луцьк: ЛДТУ, 2008. - Вип. №22 Ч.1. - С. 264-269
8. Пікасов М.М. Геометричне моделювання еліптичних ділянок фазових портретів коливальних систем / М.М.Пікасов Харьков: УЦЗУ, 2008. - 30с.

RESEARCH OF STABILITY MOTIONS OF HOVERSHIP

O. M. SEMKIV

National University of civil defence of Ukraine, Kharkov, Ukraine
Ministry from emergencies

The method of determination of area of stability of horizontal motion of ship is considered on an air pillow with the purpose of prevention of hit of him in the situations of emergencies, related to the loss of stability.

KEYWORDS: phase portrait, ship on an air pillow, Lyapunov's function, areas of stability of motion.



Фам Ань Туан, Нгуен Тхань Зыонг. Исследование прогиба пьезокерамической балки, примененной в вибрационном гироскопе.....	103
Рышкова М.И. Исследование геометрии и прочности прямых геликондалных оболочек.....	107
Климов Е.А. Исследования напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонных балочных конструкций с учетом сцепления внешнего листового армирования с бетоном.....	113
Катушин А.И. Конструктивные особенности водоприемника эксплуатируемой загорской ГАЭС и основные результаты натуральных наблюдений.....	117
Кузьмин П.К. Типовые схемы разрушения и критерии нормирования предельных состояний по результатам обследования сборных железобетонных плит дорожных покрытий.....	122
Филипова Е.Р. К вопросу о геометрии резных оболочек Монжа.....	132
Шмелева Е.И. Исследования усиления железобетонных конструкций гидротехнических сооружений элементами из углеродного волокна.....	136
Тхома Анамария. О тонкостенных оболочках одинакового ската.....	142
Кушаренко И. В. Автоматизированный комплекс для расчета инженерных конструкций вариационно-разностным методом.....	144
Семкив О.М. Исследование устойчивости движения корабля на воздушной подушке.....	155
Тупикова Е.М. Вывод уравнений равновесия для оболочек в форме косоугольного геликоида.....	160
Heidari Alireza. Shakedown analysis of a truss column with large displacements by direct incremental method.....	165
Rozanov A., Pierrat A. Efficiency of irregular porous media sound absorbers.....	171
Brajković Jelena, Jović Biljana. Challenges of a human body in new media space (relations of human body and architectural space in the age of new media and technologies).....	172
Milosevic Jelena, Nestorovic Miodrag. Form-generating approach in design of shape resistant structural typologies.....	179
Меньшиков Е.А., Румянцев И.А. Применение композитного шпунта в гидротехническом строительстве.....	184

Мамутов Р.М. О недостатках замены временных вертикальных нагрузок типа Н-30 на нагрузки типа АК.....	191
Емири Аннекан Дафе. Перспективы применения композиционных материалов в строительстве мостов.....	195
Adegoke Muritala Adedapo. Advanced materials and technologies for energy efficient buildings.....	198

**Секция III
СТУДЕНТЫ ОБ АКТУАЛЬНЫХ ВОПРОСАХ
ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ**

Комарова И. Способы обеспечения огнезащиты металлоконструкций.....	206
Митьковец Л. А. Повышение энергоэффективности современных конструкций на примере органической архитектуры.....	210
Игнатов П.В., Космодемьянов В.А. Разработка программы для расчета стержневых конструкций на прочность методом конечных элементов.....	214
Знаменский Н.М. Фундаментальные исследования А. Веллера в области инженерных наук.....	217
Балов А.К. К вопросу о нахождении развернутых выражений в аналитическом расчете тора-геликоида.....	222
Баранцова А.В., Юшин П.С. Особенности проектирования энергоэффективных домов.....	227
Хулиан Гарсон О. Об инженерных проблемах железнодорожного транспорта в Колумбии.....	232
Leydy Tatiana Guevara Rada. Гидротехнические сооружения и ГАЭС Itaipu.....	236
Грышанкова А.Е. О проблеме учета колебаний при расчете инженерных конструкций.....	239
Цыбин Н.Ю. Расчет радиально-неоднородной пластинки с отверстием.....	244
Имомназаров Т.С., Рохас Мартинес Х.Ф. Исследование возможных последствий антропогенного воздействия на малые водотоки.....	252
Курджо Ридха Р. О причинах аварий кранов в строительстве.....	257
Makhiyanova A.R., Matlakhova A.S., Alhamamra A. Possibilities of glued laminated timber.....	261