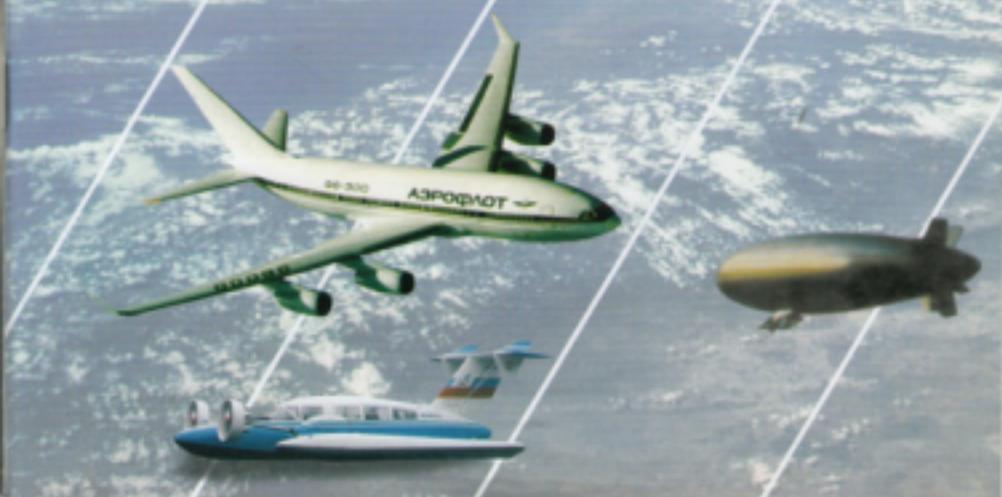




Scientific and technical  
journal "Polyot" ("Flight")

2011 –  
Год российской  
космонавтики





**АВИАЦИЯ ◆ РАКЕТНАЯ ТЕХНИКА ◆ КОСМОНАВТИКА**

Орган Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского  
и Академии наук авиации и воздухоплавания

Журнал выходит ежемесячно  
Выпускается с августа 1998 г.

**Г.В. НОВОЖИЛОВ –**

Главный редактор (авиация)

**А.С. КОРОТЕЕВ –**

Главный редактор (ракетная техника  
и космонавтика)

**Л.А. ГИЛЬБЕРГ –**

зам. Главного редактора

Члены  
редакционной  
коллегии

В.В. АЛАВЕРДОВ

А.А. АЛЕКСАНДРОВ

А.П. АЛЕКСАНДРОВ

А.Н. ГЕРАЩЕНКО

В.Г. ДМИТРИЕВ

А.Н. ЗЕЛИН

Б.И. КАТОРГИН

П.И. КЛИМУК

А.А. ЛЕОНОВ

В.А. ЛОПОТА

А.М. МАТВЕЕНКО

С.В. МИХЕЕВ

МЮССЕЕВ

МЯСНИКОВ

ПЕРМИНОВ

ПОГОСЯН

РАЙКУНОВ

РУМЯНЦЕВА

ТЕРЕШКОВА

ФЕДОРОВ

ФЕДОСОВ

ХАРТОВ

ЧЕРНЫШЕВ

Итственный  
глава  
Мышкина

Виктор  
нисатор

Родзевич

Редакционный  
совет

А.М. МАТВЕЕНКО –  
председатель

О.М. АЛИФАНОВ  
Н.А. АНФИМОВ

И.В. БАРМИН  
В.Е. БАРСУК

В.Ф. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ  
Б.В. БОДИН

А.Ф. ВОЛКОВ  
А.Ф. ВОРТЬЯНОВ

М.В. ГУЗАЙРОВ  
В.А. ДАВЫДОВ

Г.Л. ДЕГТЬЯРЕВ  
О.Ф. ДЕМЧЕНКО

Н.Н. ДОЛЖЕНКОВ  
Ю.С. ЕЛИСЕЕВ

С.Ю. ЖЕЛТОВ  
Л.М. ЗЕЛЕНЫЙ

А.Н. КИРИЛЛ  
В.А. КОЛДУНОВ

А.С. КОРОТЕЕВ  
В.В. КРЫМОВ

А.Н. КУРИЛЕНКО  
Л.Н. ЛЫСЕНКО

А.П. МАНИН  
В.А. МЕНЬШИКОВ

Т.А. МУСАБАЕВ  
В.Е. НЕСТЕРОВ

В.В. ПАНОВ  
К.М. ПИЧБАЗЛЕ

С.С. ПАСЫНКОВ  
В.П. ПОЛЕТАЕВ

Ю.А. РЫХОВ  
Г.Г. САЙДОВ

А.Г. САМУСЕНКО  
В.Г. СВЕТЛОВ

А.Н. СЕРБЕЗНОВ  
М.Ю. СМУРОВ

В.П. СОЛОГОУБ  
А.В. СОЛОВЬЕВ

А.В. ТАЛЕЕВ  
А.Е. ЧЕРПЯК

В.В. ШАЛАЙ  
В.А. ШАТАЛОВ

**СОДЕРЖАНИЕ**

Константинов С.В., Кузнецов В.Е., Редько П.Г., Сухоруков Р.В. Особенности разработки цифровой системы рулевого привода перспективного маневренного самолета . . . . .	3
Цыганков О.С. Когнитивно-эмпирический подход к прогнозированию дейеспособности космонавтов на поверхности Марса . . . . .	15
Ефимов В.В. Автоколебания грузов на тросовой внешней подвеске вертолета . . . . .	23
Шарков Е.А. Атмосферные катастрофы: ранние научные взгляды и современные подходы . . . . .	29
Беспалов А.В., Поляхов Н.Д., Филатов Д.М., Якупов О.З. Методы оценки состояния технических систем . . . . .	36
Бронфман В.Ю., Трохин И.С. О целесообразности применения паропоршневых источников бесперебойного энергоснабжения на технических комплексах космодромов . . . . .	43
Аверьянов Г.С., Бельков В.Н., Хамитов Р.Н. Синтез системы управления импульсным электродинамическим клапаном для коммутации объемов пневмоамортизатора . . . . .	50
Соллогуб А.В., Филатов А.Н. Модели оценки эффективности вложения средств предприятий в информационные технологии . . . . .	53

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей научных степеней.

Мнение редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов статей.  
За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.  
Плата с авторами за публикацию статей не взимается.  
Аннотации статей журнала и требования к оформлению представляемых авторами рукописей приведены на сайте издательства "Машиностроение"  
<http://www.mashin.ru>

**Адрес редакции:** 107076, Москва, Строгинский пер., 4  
**Телефоны:** (499) 269-48-96; (499) 268-49-69; (499) 268-33-39

**Факс:** (499) 269-48-97; (499) 268-33-39

**Адрес электронной почты:** [polei@mashin.ru](mailto:polei@mashin.ru)

**Адрес в интернете:** <http://www.mashin.ru>

Издатели журнала:

им. Р.И. АДГАМОВ, тел. (843) 238-46-23  
Воронеж РФ: А.В. ДРОБЫШЕВСКИЙ,  
(495) 695-44-38

им. О.С. СЕВЕРИНОВА, тел. (3472) 73-07-23  
Франция, Париж: Е.Л. ЧЕХОВ,  
тел. (16331) 47-49-28-05

© ООО "Издательство Машиностроение", 2011  
© ООО "Машиностроение – Полет", 2011



## AVIATION ◆ ROCKET TECHNOLOGY ◆ COSMONAUTICS

Journal of Russian Academy of Cosmonautics named after K.E. Tsiolkovsky  
and Academy of Aviation and Aeronautics Sciences

The journal is issued monthly  
Published since August 1998

**G.V. NOVOZHILOV –**

Editor-in-Chief (Aviation)

**A.S. KOROTEYEV –**

Editor-in-Chief (Rocket Technology  
and Cosmonautics)

**L.A. GILBERG –**

Deputy Editor-in-Chief

**Editorial**

**Board Members**

Editorial Board Members	Editorial Committee
V.V. ALAVERDOV	A.M. MATVEYENKO,
A.A. ALEKSANDROV	Chairman O.M. AFANIROV
A.P. ALEKSANDROV	N.A. ANFIMOV
A.N. GERASHCHENKO	I.V. BARMIN
V.G. DMITRIYEV	V.E. BARSUK
A.N. ZELIN	V.F. BEZYAZCHNYI
B.I. KATORGIN	B.V. BOGDANOV
P.I. KLIMUK	A.F. BOGOVIN
A.A. LEONOV	YU.F. CORTYSHOV
V.A. LOPOTA	M.B. GUZAIROV
A.M. MATVEYENKO	V.A. DAVIDOV
S.V. MIKHEYEV	G.L. DEGTYAREV
N.F. MOISEEV	O.F. DEMCHENKO
F.N. MYASNIKOV	N.N. DOLZHENKOVA
A.N. PERMINOV	Yu.S. ELYSEYEV
M.A. POGOSYAN	S.YU. ZHETLOV
G.G. RAYKUNOV	L.M. ZELENAY
O.N. RUMYANTSEVA	A.M. ZELENIN
V.V. TERESHKOVA	V.A. KOMAROV
I.B. FEDOROV	A.K. KOROTEYEV
E.A. FEDOSOV	V.V. KRYMOV
V.V. KHARTOV	A.N. KURYLENKO
S.L. CHERNYSHEV	L.N. LYSENKO

**Executive secretary  
of the journal**

I.N. MYMRINA

**Editor Organizer**

O.S. RODZEVICH

Representatives of the journal:

Kazan: R.I. ADGAMOV, phone (843) 238-46-23

Ministry of Defence of Russian Federation:

A.V. DROBYSHEVSKYI, phone (495) 696-44-38

Ufa: O.B. SEVERINOVA, phone (3472) 73-07-23

France, Paris: E.L. TCHEHOV, phone (1031) 47-49-28-05

© Ltd Co "Mashinostroenie Publishing House", 2011

© Ltd Co "Mashinostroenie – Polyot", 2011

## CONTENTS

Konstantinov S.V., Kuznetsov V.E., Redko P.G., Sukhorukov R.V. Developing Digital Steering Gear For Future Agile Aircraft . . . . .	3
Tsygankov O.S. Cognitive And Empirical Approach To Assessments Of Cosmonaut Operational Capacity On Martian Surface . . . . .	15
Efimov V.V. Autooscillations Of Cargo On The Helicopter External Sling . . . . .	23
Sharkov E.A. Atmospheric Catastrophes: Early Scientific Views And Modern Approaches . . . . .	29
Bespakov A.V., Polyakov N.D., Filatov D.M., Yakupov O.E. Methods Of The Estimation Of Technical Systems Condition . . . . .	36
Bronfman V.Yu., Trokhin I.S. About Expediency Of Application Of The Steam Piston Uninterruptible Power Supplies On A Technical Complexes Of Cosmodromes . . . . .	43
Averjanov G.S., Belkov V.N., Khamitov R.N. Developing Volume Control System For Pulse Electrodynamic Valve Of Pneumatic Shock Absorbers . . . . .	50
Sollogub A.V., Filatov A.N. Some Models Of Resource Allocation For CAD . . . . .	53

*The journal is in the list of editions, authorized by the Supreme Certification Committee of the Russian Federation to publish the works of those applying for a scientific degree.*

*Viewpoints of authors of papers do not necessarily represent the Editorial Staff's opinion.*

*Post-graduates have not to pay for the publication of articles.*

*Annotations of magazine articles and features required of author manuscript design are available at "Mashinostroenie Publishing House" Internet Site <http://www.mashin.ru>*

**Address of the editorial office:** 107076, Moscow, Stromynsky Lane, 4

**Phones:** (499) 269-48-96; (499) 268-49-69; (499) 268-33-39

**Fax:** (499) 269-48-97; (499) 268-33-39

**E-mail address:** polet@mashin.ru

**Internet address:** <http://www.mashin.ru>

УДК 629.735.45

# Автоколебания грузов на тросовой внешней подвеске вертолета

**B.V. Ефимов**

E-mail: efimowww@yandex.ru

Рассматриваются результаты теоретических и экспериментальных исследований автоколебаний грузов на тросовой внешней подвеске вертолета. Приводятся зависимости характеристик автоколебательного процесса от скорости горизонтального полета и параметров грузов. Предлагается приближенная формула для оценки критической скорости автоколебаний.

**Ключевые слова:** вертолет; груз на внешней подвеске; динамическая устойчивость; автоколебания.

**V.V. Efimov. Autooscillations Of Cargo On The Helicopter External Sling**

The article presents the results of theoretical and experimental studies of autooscillations of cargo on the helicopter external sling. Shows the autooscillation characteristics dependence on the speed of horizontal flight and cargo options. An approximate formula for estimating the critical velocity oscillations is presented.

**Key words:** helicopter; cargo on the external sling; dynamic stability; autooscillation.

При транспортировке грузов на тросовой внешней подвеске (ВП) вертолета нередко возникает их продольно-поперечное раскачивание. Это раскачивание может быть вызвано как нестационарностью обтекания грузов, поскольку большинство грузов – неудобообтекаемые тела, так и возникновением автоколебаний грузов при стационарном обтекании.

В работах [1, 2] отмечалось, что к автоколебаниям склонны так называемые неоссимметричные грузы, т.е. грузы, не обладающие осевой симметрией относительно центрального троса ВП. В целях повышения безопасности полетов еще до их выполнения важно знать, возможно ли возникновение автоколебаний конкретного груза. Если возможно, то необходимо определить, в каком диапазоне скоростей это может происходить, каков будет размах автоколебаний груза по тягажу, крену и рысканию, какова будет при этом сила натяжения троса ВП.

Рассмотрим в качестве примера такого груза вертолетный контейнер быстрого реагирования (ВКБР), разработанный ОАО НПК "ПАНХ" и предназначенный для оперативной доставки оборудования, используемого при ликвидации аварийных разливов нефти (рис. 1).

ВКБР может иметь несколько конфигураций. Он может быть пустой и загруженный, может быть различной длины центрального троса, может изменяться центровка контейнера. Практика полетов с ВКБР на ВП показывает, что в некоторых случаях возможно возникновение автоколебаний. В связи с этим представляет интерес зависимость характеристик автоколебаний от параметров полета и параметров ВКБР.



**ЕФИМОВ  
Вадим Викторович –  
доктор Московского госу-  
дарственного технического  
университета гражданской  
авиации, кандидат техн.  
наук**



Рис. 1. Вертолетный контейнер быстрого реагирования на внешней подвеске вертолета Ми-8

Для решения этой задачи автором были использованы разработанная им ранее математическая модель (ММ) динамики груза на ВП вертолета [3, 4] и созданное на ее базе специальное программное обеспечение для проведения вычислительных экспериментов (ВЭ). Аэродинамические характеристики ВКБР были взяты из работы [5].

В целях проверки адекватности ММ была изготовлена физическая модель ВКБР для проведения динамических экспериментов в аэродинамике



Рис. 2. Модель ВКБР в аэродинамической трубе МГТУ ГА

трубе (рис. 2). При создании модели были обеспечены геометрическое подобие и подобие по баллистическому коэффициенту [2] (баллистический коэффициент модели был равен баллистическому коэффициенту реального ВКБР).

Были проведены серии вычислительных и физических экспериментов (ФЭ), которые строились следующим образом. При ВЭ моделировалась динамика модели ВКБР при условии, что точка подвеса движется горизонтально, равномерно и прямолинейно, а сила натяжения троса не влияет на динамику тела, к которому подвешена модель. Это соответствует ФЭ в аэродинамической трубе при неподвижной точке подвеса и постоянной скорости набегающего потока.

Проведенные физические и вычислительные эксперименты показали, что в некотором диапазоне скоростей набегающего потока возможно возникновение автоколебаний модели ВКБР. При проведении ВЭ автоколебания устанавливались через некоторое время после слабого воздействия бокового порыва ветра на 180-й секунде от начала эксперимента (максимальная скорость порыва  $W_z = 0,2 \text{ м/с}$ ), что говорит о мягком входе в автоколебания, когда для их возникновения достаточно сколь угодно малого воздействия на колебательную систему (рис. 3). Это подтвердилось при ФЭ, когда никаких специальных воздействий на модель не производилось, а автоколебания возникали. Можно отметить также появление и нарастание биений модели при увеличении скорости набегающего потока вплоть до ее хаотического движения на больших скоростях полета. При дальнейшем увеличении скорости набегающего потока автоколебания не возникали, по крайней мере, мягкий вход в автоколебания не наблюдался как при ВЭ, так и при ФЭ.

ВЭ при различных скоростях полета показали, что автоколебания модели ВКБР начинаются при скорости около 50 км/ч и перестают возникать при скорости 85 км/ч. При ФЭ этот диапазон оказался шире — автоколебания возникали до скорости 100 км/ч, что можно объяснить тем, что ММ динамики груза не учитывает нестационарность обтекания груза, который в данном случае является чрезвычайно неудобообтекаемым телом. Тем не менее можно считать, что с качеством

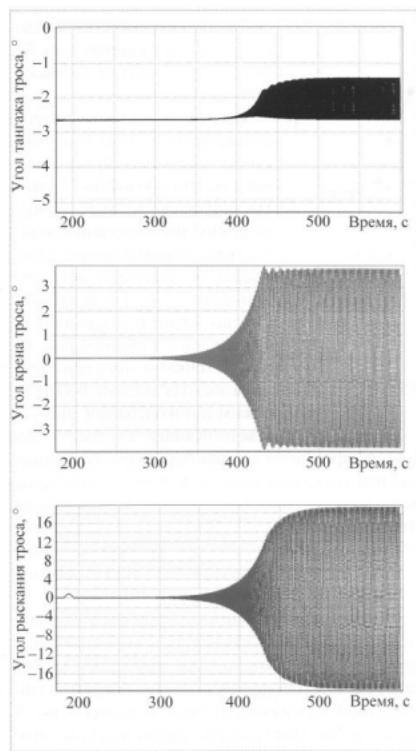


Рис. 3. Изменение углов тангажа, крена и рыскания модели ВКБР по времени при автоколебаниях (по результатам ВЭ)

венной точки зрения ММ адекватно воспроизвела само явление возникновения автоколебаний и влияние скорости полета на характер движения исследуемого груза.

Точность воспроизведения динамики груза при ВЭ можно оценить, рассмотрев, например, изменение во времени какого-либо параметра движения груза на этапе установившихся автоколебаний. Рассмотрим изменение во времени ази-

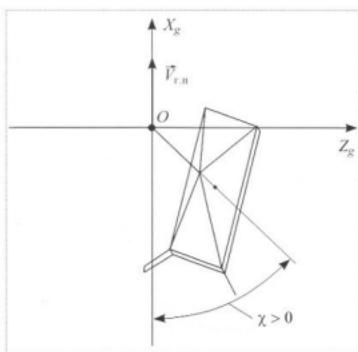


Рис. 4. К определению азимута троса

мута троса  $\chi$ , который равен углу между осью  $OX_g$  нормальной системы координат точки подвеса и проекцией троса на горизонтальную плоскость  $OX_gZ_g$ . Положительную величину угла  $\chi$  будем отсчитывать, как показано на рис. 4, где изображена модель ВКБР с системой ВП при виде сверху ( $V_{r.p}$  — скорость горизонтального полета).

На рис. 5 приведены результаты ВЭ и ФЭ для одного выбранного цикла колебаний. Видно хорошее совпадение результатов ВЭ и ФЭ при моделировании достаточно сложного динамического процесса, что служит подтверждением адекватности ММ груза реальному его поведению.

Одним из условий возникновения автоколебаний груза является близость друг к другу собственных частот изолированных колебаний груза по крену и по рысканию, причем данные частоты не обязательно должны точно совпадать. Этим рассматриваемое явление напоминает изгибо-крутильный флаттер крыла или лопасти воздушного винта, где существенную роль играет близость частот крутых и изгибных колебаний [6].

Частоты (периоды) собственных колебаний груза по крену и рысканию зависят от скорости набегающего потока, и чем меньше они отличаются друг от друга, тем меньше будет время выхода рассматриваемой системы на режим автоколе-

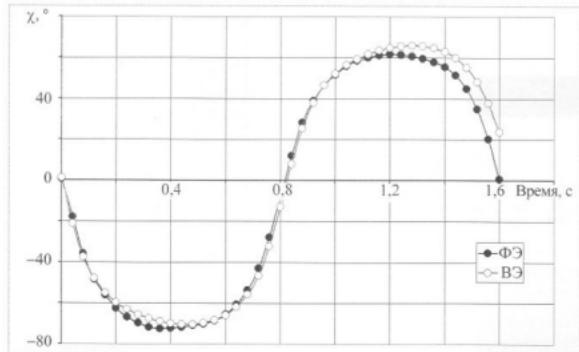


Рис. 5. Сравнение результатов вычислительного и физического экспериментов с моделью ВКБР

баний  $t_{\text{вых}}$  (время между началом действия порыва и моментом, когда размах колебаний установился). При некоторой скорости полета эти частоты могут совпадать. Тогда время выхода на режим автоколебаний будет минимальным. Эту скорость можно назвать критической скоростью автоколебаний груза на ВП  $V_{\text{г.п.кр}}$ . Данная скорость полета наиболее опасна с точки зрения развития автоколебаний груза на ВП вертолета, поэтому для оценки безопасности полета желательно ее знать.

Найдем скорость  $V_{\text{г.п.кр}}$  для модели ВКБР. Для этого по результатам ВЭ построим графики зави-

симости длительностей одного цикла изолированных колебаний груза по крену и по рысканию от  $V_{\text{г.п}}$  (рис. 6).

На рис. 6 видно, что точка пересечения графиков соответствует скорости горизонтального полета примерно 57 км/ч. На этой скорости время выхода на режим автоколебаний должно быть минимальным. Данный вывод подтверждается результатами ВЭ, когда колебания по крену и рысканию не являлись изолированными. На рис. 7 точками показаны времена выхода модели ВКБР на режим автоколебаний при соответствующих скоростях полета и проведена аппроксимирующая кривая, нижняя точка которой соответствует минимальному времени выхода на режим автоколебаний. Эта точка располагается в районе скорости полета, равной примерно 58 км/ч, что хорошо согласуется с выводом, сделанным на основе анализа графиков, приведенных на рис. 6.

Выделим приближенную аналитическую зависимость критической скорости автоколебаний груза от параметров полета и груза. Это можно легко сделать для грузов, имеющих малый баллистический коэффициент (малую парусность). У таких грузов длительность одного цикла колебаний по крену относительно точки подвеса к вертолету слабо зависит от скорости полета. Кроме того, можно считать, что она в основном определяется длиной троса. При большой длине троса собственный момент инерции груза в первом приближении можно не учитывать. Тогда для определения длительности одного цикла колебаний по крену  $T_x$  можно воспользоваться известной формулой для периода колебаний математического маятника:

$$T_x = \frac{2\pi}{\omega_x} = 2\pi \sqrt{\frac{r_x}{g}}, \quad (1)$$

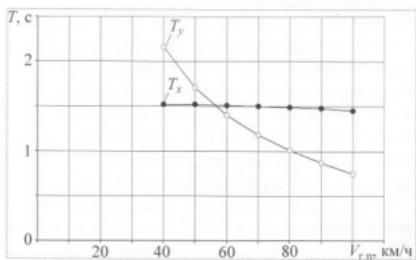


Рис. 6. Зависимости длительностей одного цикла колебаний модели ВКБР по крену ( $T_x$ ) и рысканию ( $T_y$ ) от скорости полета

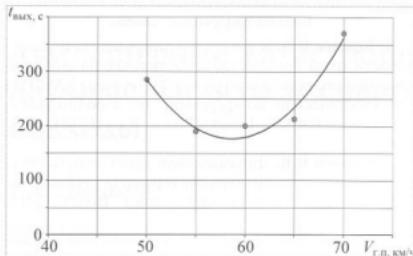


Рис. 7. Зависимость времени выхода модели ВКБР на режим автоколебаний от скорости полета

где  $\omega_x$  – круговая частота колебаний груза по крену относительно точки подвеса к вертолету;  $r_t$  – длина троса;  $g$  – ускорение свободного падения.

В целях определения длительности одного цикла колебаний груза по рысканию  $T_y$  воспользуемся формулой для определения квадрата круговой частоты колебаний летательного аппарата (ЛА) по рысканию [7]

$$\omega_y^2 = -\frac{SpV_{r,n}^2 I}{2I_y} \left( m_y^\beta - \frac{c_z^\beta m_y^{\bar{\omega}_y}}{2\mu_6} \right), \quad (2)$$

где  $S$  – характеристическая площадь;  $\rho$  – плотность воздуха;  $V_{r,n}$  – скорость горизонтального полета;  $I$  – характеристический линейный размер;  $I_y$  – момент инерции вокруг нормальной оси;  $m_y^\beta$  – частная производная коэффициента момента рыскания по углу скольжения;  $c_z^\beta$  – частная производная коэффициента поперечной аэродинамической силы по углу скольжения;  $m_y^{\bar{\omega}_y}$  – частная производная коэффициента момента рыскания по безразмерной угловой скорости рыскания,  $\left( \bar{\omega}_y = \frac{I}{2V_{r,n}} \omega_y \right)$ ;  $\mu_6$  – относительная плотность ЛА

в боковом движении,  $\mu_6 = \frac{2m}{\rho S l}$ ,  $m$  – масса ЛА.

Из условия равенства длительности циклов колебаний по крену и рысканию:  $T_x = T_y$ , а значит, и квадратов их частот:  $\omega_x^2 = \omega_y^2$ , получим выражение для скорости полета, при которой время выхода на режим автоколебаний будет мини-

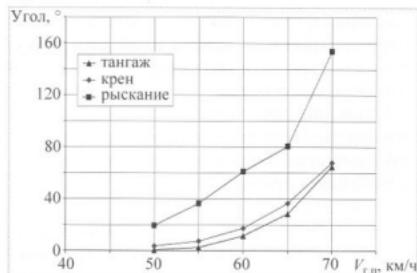


Рис. 8. Зависимость размахов автоколебаний модели ВКБР от скорости полета по тангенсу, крену и рысканию

мальным, т.е. критической скорости автоколебаний

$$V_{r,n,kp} = \sqrt{\frac{4I_y\mu_6 g}{SpI_r (2\mu_6 m_y^\beta - c_z^\beta m_y^{\bar{\omega}_y})}}. \quad (3)$$

Если  $m_y^{\bar{\omega}_y} \approx 0$ , то поскольку  $m_y^\beta = \frac{x_t - x_{F_\beta}}{l} = \bar{x}_t - \bar{x}_{F_\beta}$  ( $x_t$  и  $x_{F_\beta}$  – соответственно координаты центра масс груза и фокуса груза по углу скольжения вдоль продольной оси, отсчитываемые от носка груза), формулу (3) можно упростить:

$$V_{r,n,kp} = \sqrt{\frac{2I_y g}{SpI_r (\bar{x}_t - \bar{x}_{F_\beta})}}. \quad (4)$$

Данная формула ввиду принятия при ее выводе серьезных допущений не обладает высокой точностью, но позволяет, во-первых, оценить принципиальную возможность возникновения автоколебаний в эксплуатационном диапазоне скоростей полета, а во-вторых, и это главное, дает понимание того, какие основные параметры груза и каким образом влияют на критическую скорость автоколебаний.

Для обеспечения безопасности полетов большое значение имеет также размах автоколебаний. По результатам рассмотренных выше ВЭ можно сделать вывод о том, что с увеличением скорости полета размах автоколебаний растет вплоть до скорости, при которой начинаются хаотические

колебания. На рис. 8 показаны зависимости размахов автоколебаний модели ВКБР по тангажу, крену и рысканию от скорости установившегося горизонтального полета.

Таким образом, проведенное исследование влияния параметров полета и груза на характеристики автоколебаний груза в установившемся горизонтальном прямолинейном полете вертолета показало, что:

при транспортировке неосесимметричных грузов на внешней подвеске вертолета возможно возникновение автоколебаний с большой амплитудой, что может оказаться очень опасным;

одним из условий возникновения автоколебаний груза является близость друг к другу собственных частот изолированных колебаний груза по крену и рысканию.

В статье приводится определение и выведена формула для критической скорости автоколебаний груза на ВП как скорости полета, при которой время выхода на режим автоколебаний минимально. По результатам ВЭ построены графики зависимостей размахов автоколебаний по крену, тангажу и рысканию от скорости установившегося горизонтального полета, которые показывают, что с увеличением скорости полета размахи автоколебаний растут.

#### Библиографический список

1. Ефимов В.В. К вопросу о динамической устойчивости груза при его транспортировке на внешней трассовой подвеске вертолета // Материалы XXII научно-технической конференции по аэродинамике. П. Володарского, 3–4 марта 2011 г. Изд. ЦАГИ, 2011. С. 64–65.

2. Ефимов В.В. Динамическая устойчивость груза на трассовой внешней подвеске вертолета // Общероссийский научно-технический журнал "Полет". 2011. № 3. С. 26–32.

3. Ефимов В.В. Математическое описание движения груза на внешней подвеске вертолета // Научные вестники МГТУ ГА. Сер. "Аэромеханика и прочность". № 111. М., МГТУ ГА, 2007. С. 121–128.

4. Вертолет с грузом на внешней подвеске / В.Б. Козловский, С.А. Паршенев, В.В. Ефимов; под ред. В.Б. Козловского. М.: Машиностроение / Машиностроение–Полет, 2008. 304 с.

5. Исследование проблемы обеспечения безопасности полетов при выполнении авиационных работ с применением специальных технических средств: Отчет о НИР (заключительный). МГТУ ГА; Руководитель М.С. Кубланов; исп. В.В. Ефимов, В.Г. Чипенко. № ГР 01200607252. Инв. № 02200704155. М., 2007. 179 с.

6. Бисплингхоф Ф.Л., Эшли Х., Халфэм Р.Л. Аэроупругость. М.: ИЛ, 1958. 800 с.

7. Аэромеханика самолета: динамика полета / А.Ф. Бочкарев, В.В. Андреевский, В.М. Белоконов и др.; под ред. А.Ф. Бочкарева и В.В. Андреевского. М.: Машиностроение, 1985. 360 с.



#### ДАЙДЖЕСТ ✪ ДАЙДЖЕСТ ✪ ДАЙДЖЕСТ ✪ ДАЙДЖЕСТ ✪ ДАЙДЖЕСТ ✪ ДАЙДЖЕСТ

За Россией США и Китаем числится 90 % мусора в околоземном пространстве

Объединенный центр космических операций Стратегического командирования США отслеживает в околоземном пространстве более 16 тыс. спутников и частей ракет-носителей, из которых около 40 % принадлежат России.

В своем ежеквартальном отчете Национального аэрокосмического агентства США отмечает, что по состоянию на 5 октября 2011 г. вокруг Земли летают 16 108 объектов искусственного происхождения, в том числе 3 428 функционирующих и отказавших спутников и 12 680 отработавших ступеней ракет-носителей, разгонных блоков и их обломков. В документе говорится, что Россия занимает первое место по количеству объектов искусственного происхождения на околоземной орбите (6073 объекта, из них 4661 – космический мусор), США – второе (4863 объекта, 3709) и Китай – третье (3624 объекта, 3515). Им вместе взятым принадлежит 90 % искусственных объектов на орбите вокруг Земли. В отчете также сообщается, что Франция "замусорила" околоземное пространство 486 объектами, Япония – 187, Индия – 175 и Европейское космическое агентство – 83. Остальные страны "засорили" орбиту вокруг Земли 617 объектами.

НАСА отмечает, что на околоземной орбите насчитывается свыше 200 тыс. частиц космического мусора размером от 1 до 10 см. Число объектов меньше 1 см, как предполагают специалисты, превышает десятки миллионов.

Космический мусор в основном сконцентрирован на высотах от 850 до 1500 км над поверхностью Земли, но много его и на высотах полета космических кораблей и Международной космической станции (350–400 км). Если космический мусор, летающий на высотах ниже 600 км, в течение нескольких лет входит в атмосферу и сгорает в ней, то мусор, расположенному на высотах 800 км, на это требуются десятилетия, а искусственным объектам на высотах от тысячи километров и выше – сотни лет.

Объединенный центр космических операций Стратегического командирования США участвует в обнаружении, отслеживании, каталогизации и идентификации искусственных объектов на околоземной орбите. В России его аналогом является Система контроля космического пространства, входящая в состав Космических войск.

*Вестник Интерфакс – АВН № 41 (522), 2011 г.*