

ИНЖЕНЕРНЫЙ ЖУРНАЛ СПРАВОЧНИК

3 (216)

2015

С приложением

Научно-технический и производственный журнал

Издается с января 1997 года

ЖУРНАЛ ВЫХОДИТ ПРИ СОДЕЙСТВИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ

СОДЕРЖАНИЕ

Современные материалы

Багайсков Ю. С., Лыков А. В. Анализ характеристик волокон и сеток из различных материалов для упрочнения абразивных инструментов 3

Современные технологии

Макаров В. Ф., Пепельшев А. В. Повышение точности формы при фрезеровании плоских поверхностей в результате оптимизации параметров траектории 6

Ганиев Р. Ф., Гранова Г. Н., Жебынев Д. А., Фельдман А. М. Кавитационная очистка поверхности заглушенных цилиндрических каналов с помощью гидродинамических генераторов колебаний давления 9

Бахвалов В. А. Способ полирования глубоких отверстий и инструмент для его реализации 15

Конструирование, расчеты

Самогин Ю. Н. Метод квазидиагонализации для расчета собственных частот и форм свободных колебаний механических систем 20

Булыжев Е. М., Чернов С. А. К расчету тонкостенной стержневой системы с образованием пространственной расчетной схемы узла 27

Фасхиев Х. А., Салахов И. И., Волошко В. В. Алгоритм выбора рациональных параметров многопоточного дифференциального механизма 32

Разная информация

Махов В. Е., Орлов Д. В., Потапов А. И. Исследование методов и алгоритмов компьютерных технологий фирмы NATIONAL INSTRUMENTS для виброакустической диагностики механических систем. Теоретические исследования 37

Махов В. Е., Орлов Д. В., Потапов А. И. Исследование методов и алгоритмов компьютерных технологий фирмы NATIONAL INSTRUMENTS для виброакустической диагностики механических систем. Экспериментальные исследования 48

Председатель редакционного совета
академик РАН, д-р техн. наук
Р. Ф. ГАНИЕВ

Заместитель председателя редакционного совета
д-р техн. наук, проф.
А. В. КИРИЧЕК

Главный редактор
П. Е. КЛЕЙЗЕР

Заместитель главного редактора
А. А. КУЛИКОВА

Редакция:
С. М. МАКЕЕВА, А. А. КУЛИКОВА

Редакционный совет:

В. Ф. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ, д-р техн. наук, проф.	А. Ю. КОНЬКОВ, канд. техн. наук
А. И. БЕЛЯКОВ, канд. техн. наук	В. Г. МАЛИНИН, д-р физ.-мат. наук, проф.
А. И. БОЛДЫРЕВ, д-р техн. наук, проф.	Г. А. НУЖДИН, канд. техн. наук
П. БЛАЖКОВИЧ, д-р техн. наук, проф. (Словакия)	Ю. В. ПАНФИЛОВ, д-р техн. наук, проф.
Р. Я. ВАКУЛЕНКО, д-р эконом. наук, проф.	С. В. ПЫТКО, д-р техн. наук, проф. (Польша)
В. А. ГОЛЕНКОВ, д-р техн. наук, проф.	В. Я. РАСПОПОВ, д-р техн. наук, проф.
О. А. ГОРЛЕНКО, д-р техн. наук, проф.	В. П. СМОЛЕНЦЕВ, д-р техн. наук, проф.
С. Н. ГРИГОРЬЕВ, д-р техн. наук, проф.	Ю. С. СТЕПАНОВ, д-р техн. наук, проф.
М. А. ЕВДОКИМОВ, д-р техн. наук, проф.	А. Г. СХИРТЛАДЗЕ, д-р пед. наук, канд. техн. наук, проф.
А. А. ЖУКОВ, канд. техн. наук, проф.	В. М. ТРУХАНОВ, д-р техн. наук, проф.
В. Л. ЗАКОВОРОТНЫЙ, д-р техн. наук, проф.	В. М. ШАРИПОВ, д-р техн. наук, проф.
Ю. М. ЗУБАРЕВ, д-р техн. наук, проф.	С. Ю. ШАЧНЕВ, канд. техн. наук.
А. С. КАЛАШНИКОВ, д-р техн. наук, проф.	
С. В. КИРСАНОВ, д-р техн. наук, проф.	В. П. ЧИРКОВ, д-р техн. наук, проф.

Подписку на журнал можно оформить в любом почтовом отделении, или непосредственно в издательстве. Индексы по каталогам:
«Роспечать» 72428, «Пресса России» 41299, «Почта России» 60255

Журнал зарегистрирован в Комитете Российской Федерации по печати. Свидетельство о регистрации № 014670 от 25.12.1997 г., Свидетельство о перерегистрации ПИ № ФС 77-46364 от 26.08.2011 г.

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

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале «Справочник. Инженерный журнал», допускаются со ссылкой на источник информации и только с разрешения редакции

Телефоны редакции:
(495) 589 56 81, (495) 514 76 50

Адрес редакции: 119048, г. Москва,
ул. Усачева, д. 35, стр. 1

E-mail: hb@idspektr.ru; sizhpost@gmail.com

Http://www.handbook-j.ru; Http://www.idspektr.ru

HANDBOOK

AN ENGINEERING JOURNAL

3 (216)

2015

With supplement

Scientific, technical and production monthly journal
Publishes from January, 1997

THE MAGAZINE IS PUBLISHED UNDER THE PATRONAGE OF INTERNATIONAL UNION OF MECHANICAL ENGINEERS

CONTENTS

Modern Materials

Bagayskov Yu. S., Lykov A. V. Analysis of Characteristics of the Fibers and Mesh Materials for Reinforcing Various Abrasive Tools 3

Up-to-date Technologies

Makarov V. F., Pepelyshev A. V. Improving the Accuracy of the Shape when Milling of Flat Surfaces by Optimizing the Parameters of the Trajectory 6

Ganiev R. F., Granova G. N., Zhebynev D. A., Feldman A. M. Cavitation Cleaning of a Surface of the Muffled Cylindrical Channels by Means of Hydrodynamic Oscillators of Pressure 9

Bahvalov V. A. The Method for Polishing the Deep Holes and Tools for Carrying 15

Constructing, Calculations

Samogin Yu. N. Quasidiagonalistic Method for Calculating Natural Frequencies and Forms of Free Oscillations of Mechanical Systems 20

Bulyzhev E. M., Chernov S. A. Calculation of Thin-Walled Beam System with the Formation of the Design Scheme of the Node 27

Faskhiev Kh. A., Salakhov I. I., Voloshko V. V. Algorithm of the Choice of Rational Parameters of the Multiline Differential Mechanism 32

Different Information

Makhov V. E., Orlov D. V., Potapov A. I. Research into the Methods and Algorithms of Computer Technology of National Instruments Corporation for Vibro-acoustic Diagnostics of Mechanical Systems. Theoretical Studies 37

Makhov V. E., Orlov D. V., Potapov A. I. Research into the Methods and Algorithms of Computer Technology of National Instruments Corporation for Vibro-acoustic Diagnostics of Mechanical Systems. Experimental Studies 48

President of Editorial advisory

R. F. GANIEV

Chairman Assistant

A. V. KIRICHEK

Editor-in-Chief

P. E. KLEYZER

Editorial council

A. A. KULIKOVA

Edition:

S. M. MAKEEVA, A. A. KULIKOVA

Editorial council:

V. F. BEZYZYCHNY S. V. KIRSANOV

A. I. BELYAKOV A. Yu. KON'KOV

A. I. BOLDYREV V. G. MALININ

R. BLAZHKOVICH G. A. NUZHDIN

R. Ya. VAKULENKO Yu. V. PANFILOV

V. A. GOLENKOV S. V. PYTKO

O. A. GORLENKO V. Ya. RASPOPOV

S. N. GRIGORIEV V. P. SMOLENTSEV

M. A. EVDOKIMOV Yu. S. STEPANOV

A. A. ZHUKOV A. G. SHIRTLADZE

V. L. ZAKOVOROTNY V. M. TRUHANOV

Yu. M. ZUBAREV V. M. SHARIPOV

A. S. KALASHNIKOV S. Yu. SHACHNEV

V. P. CHIRKOV

The journal is being distributed according to a subscription, which is available in any post office or at the publishing house directly.

Indexes in the catalogue: "Rosspechat" – 72428,

Joint Catalogue "Pressa Rossii" – 41299,

bi the catalogue "Pochta Rossii" – 60255

The journal is registered in State Committee of Russian Federation on printing. Registration certificate N 014670 at 25.12.1997. Re-registration ПИ N ФС 77-46364 at 26.08.2011.

The Journal is among those approved by VAC RF for dissertation publication.

Reprint, all types of copying and reproduction of the materials published in the journal "Handbook. An Engineering journal" are allowed only with the permission from the editors and with the reference to the source of information. Advertisers are fully responsible for the content of the

Tel.: (495) 589 56 81; (495) 514 76 50

Edition address: Buil. 1, Usacheva St. 35, Moscow, Russia, 119048

E-mail: hb@idspektr.ru; sizhpost@gmail.com

Http://www.handbook-j.ru; www.idspektr.ru

SUPPLEMENT. Handbook. An Engineering Journal

УДК 531.534.001.92
DOI: 10.14489/hb.sup.2015.03.pp.001-028

В. Я. Распопов, д-р техн. наук (ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет», e-mail: tgupu@yandex.ru)

СИЛОВЫЕ ГИРОСТАБИЛИЗАТОРЫ. ОСНОВЫ ТЕОРИИ, КОНСТРУКЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ

Рассмотрены принципы работы, базовые кинематические схемы и примеры конструкций и применения одноосных и двухосных, корректируемых по вертикали, силовых гиросtabilизаторов (ГС). Получены математические модели ГС для неподвижного и вращающегося оснований и выполнено их исследование. Отмечены особенности динамики ГС для различных частот колебаний основания.

Ключевые слова: гиросtabilизатор; гироскоп; стабилизация; прецессия; коррекция; устойчивость; дрейф; маятник; уравнения.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Одноосные гиросtabilизаторы	2
1.1. Принцип и режимы работы	2
1.2. Уравнения движения	4
1.3. Устойчивость	6
1.4. Гиросtabilизатор на подвижном основании	8
1.5. Одноосный гиросtabilизатор автопилота АП-5	12
2. Двухосные гиросtabilизаторы	13
2.1. Уравнения движения	13
2.2. Особенности динамики	15
2.3. Двухосные гиросtabilизаторы, корректируемые по вертикали (силовые гироскопы)	17
2.4. Гиросtabilизированная платформа «Север»	20
2.5. Центральная гироскоп	22
2.6. Малогабаритная гироскоп	24
2.7. Комплекс «Волна-М»	25

V. Ya. Raspopov (FSBEE HPE «Tula State University»)

POWERED GYROSTABILIZERS. BASIS OF THEORY, DESIGN AND APPLICATIONS

Principles of operation, basic kinematics, design and application samples of uni- and biaxial vertical powered gyrostabilizer (PG) are considered in the article. GS mathematical model for fixed base and rotatable base are obtained. Feature of GS dynamics for various frequencies of base vibration are given.

Keywords: Gyrostabilizer; Vertical gyroscope; Stabilization; Precession; Correction; Stability; Drift; Pendulum; Equations.

CONTENTS

1. Uniaxial Gyrostabilizers	2
1.1. Principle and Modes of Operation	2
1.2. The Equations of Motion	4
1.3. Stability	6
1.4. Gyrostabilizer on a Movable Base	8
1.5. Uniaxial Gyrostabilizer Autopilot AP-5	12
2. Biaxial Gyrostabilizers	13
2.1. The Equations of Motion	13
2.2. Features of Dynamics	15
2.3. Biaxial Gyrostabilizers, Guided Vertically (Power Vertical Gyroscopes)	17
2.4. Gyro Stabilized Platform «North»	20
2.5. Central Gyrovertical	22
2.6. Compact Gyrovertical	24
2.7. Complex «Wave-M»	25

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале «Справочник. Инженерный журнал», допускаются со ссылкой на источник информации и только с разрешения редакции

жения одноосного ГС в режиме стабилизации для неподвижного основания:

$$\left. \begin{aligned} A\ddot{\alpha} + h_c\dot{\alpha} + H\dot{\beta} + K_\alpha\beta &= M_{вс}; \\ B\dot{\beta} + h_\pi\dot{\beta} - H\dot{\alpha} &= M_{вп}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Можно утверждать, что демпфирование по осям стабилизации и прецессии не оказывает влияния на характер установившегося прецессионного движения ГС, описываемого уравнениями:

$$H\dot{\beta} + K_\alpha\beta = M_{вс}; \quad -H\dot{\alpha} = M_{вп}. \quad (3)$$

Решения уравнений (3) для нулевых начальных условий имеют вид

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{M_{вс}}{K_\alpha} \left[1 - \exp\left(-\frac{K_\alpha}{H}t\right) \right], \\ \alpha &= -\frac{M_{вп}}{H}t. \end{aligned} \quad (4)$$

Из решений (4) следует, что ГС по оси прецессии имеет статическую ошибку $\beta_{ст} = M_{вс} / K_\alpha$ и дрейф (уход) по оси стабилизации с угловой скоростью $\dot{\alpha} = \omega_{др} = -M_{вп} / H$ (знак «-» указывает на то, что для положительного направления вектора $\dot{\alpha}$ на рис. 4 вектор $\overline{M}_{вп}$ должен быть направлен в отрицательном направлении оси $0y_1$).

Для ГС как системы автоматического регулирования и управления, для оценки динамических свойств и при необходимости их корректировки используются частотные характеристики, для построения которых необходимы передаточные функции.

В системе (2) положим $h_\pi = 0$ (этот параметр незначительно влияет на динамику ГС) и перепишем ее в операторной форме ($d/dt = s$):

$$\left. \begin{aligned} (As^2 + h_cs)\alpha(s) + (Hs + K_\alpha)\beta(s) &= M_{вс}(s); \\ Bs^2\beta(s) - Hs\alpha(s) &= M_{вп}(s), \end{aligned} \right\}$$

откуда

$$\left. \begin{aligned} \alpha(s) &= \frac{1}{As^2 + h_cs} [M_{вс}(s) - Hs\beta(s) - K_\alpha\beta(s)]; \\ \beta(s) &= \frac{1}{Bs^2} [M_{вп}(s) + Hs\alpha(s)]. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

В соответствии с (5) на рис. 5 приведена структурная схема ГС.

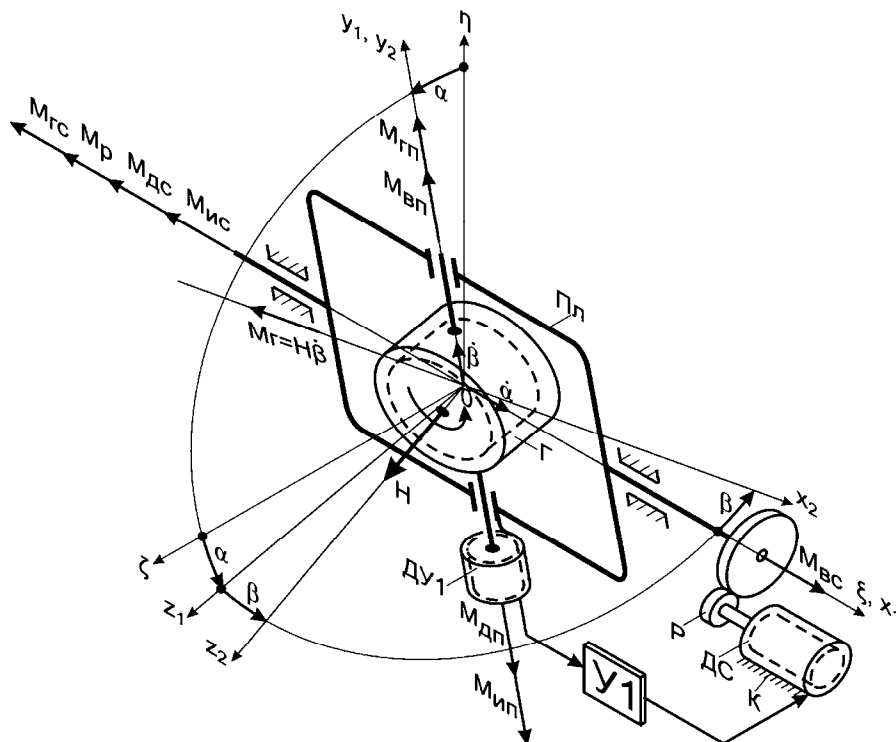


Рис. 4. К выводу уравнений движения гиросtabilизатора в режиме стабилизации

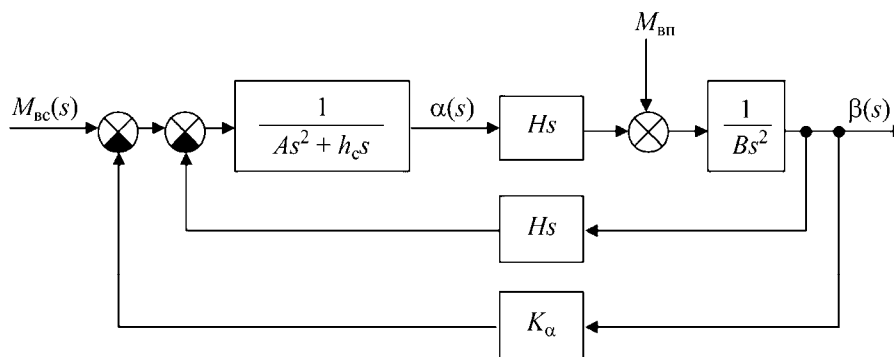


Рис. 5. Структурная схема силового гиросtabilизатора

Из рис. 5 следует, что ГС является системой регулирования и управления с двумя входами (возмущения $M_{вс}$ и $M_{вп}$) и двумя выходами (α и β), а передаточные функции по возмущениям имеют вид

$$\begin{aligned} W_{\alpha, M_{вс}}(s) &= \frac{\alpha(s)}{M_{вс}(s)} = \frac{Bs}{\Delta}; \\ W_{\alpha, M_{вп}}(s) &= \frac{\alpha(s)}{M_{вп}(s)} = \frac{Hs + K_\alpha}{s\Delta}; \\ W_{\beta, M_{вс}}(s) &= \frac{\beta(s)}{M_{вс}(s)} = \frac{H}{\Delta}, \end{aligned} \quad (6)$$

где

$$\Delta = ABs^3 + Bh_cs^2 + H^2s + HK_\alpha. \quad (7)$$