

# ИНЖЕНЕРНЫЙ ЖУРНАЛ СПРАВОЧНИК

## 03 (204) 2014

**С приложением**

Научно-технический и производственный журнал  
Издается с января 1997 года

**ЖУРНАЛ ВЫХОДИТ ПРИ СОДЕЙСТВИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ**

### СОДЕРЖАНИЕ

#### Современные технологии

- Самодурова М. Н., Барков Л. А., Иванов В. А. Исследование и совершенствование технологий прессования изделий из углеродных композиций ..... 3
- Зайцев А. М., Шачнев С. Ю. Повышение эффективности обработки корпусных деталей из перспективных алюминиевых сплавов ..... 11
- Олефиренко Н. А., Овчинников В. В. Совершенствование технологии реновации коленчатых валов компрессоров вагонных кондиционеров ..... 17
- Бурлаченко О. В., Пушкарев О. И., Киселева М. Н. Совершенствование процессов физико-технической обработки ферритов ..... 23

#### Конструирование, расчеты

- Васильев А. С., Галий В. В. Выбор планировок-аналогов при проектировании технологических комплексов изготовления деталей машин ..... 25

#### Металлорежущие станки и инструменты

- Кирсанов С. В., Трифонов С. В., Бабаев А. С. Изготовление твердосплавных заготовок стеблей мелкокалиберных ружейных сверл ..... 29

#### Сегодня – студент, завтра – инженер

- Расторгуев Г. А. Качество поверхностного слоя и технологическая наследственность ..... 32

#### Разная информация

- Байнева И. И. Обзор современных галогенных ламп накаливания, задач и перспектив их развития ..... 44
- Микаева С. А., Железникова О. Е., Прытков С. В. Imagin Sphere<sup>TM</sup> – устройство для измерения пространственных характеристик светодиодов и светодиодных источников света ..... 51

**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.	<u>В. А. ЛАШКО</u> д-р техн. наук, проф.
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
Р. БЛАШКОВИЧ, д-р техн. наук, проф. (Словакия)	Ю. В. ПАНФИЛОВ, д-р техн. наук, проф.
Р. Я. ВАКУЛЕНКО, д-р эконом. наук, проф.	В. П. ПУЧКОВ, д-р техн. наук, проф.
В. А. ГОЛЕНКОВ, д-р техн. наук, проф.	С. В. ПЫТКО, д-р техн. наук, проф. (Польша)
О. А. ГОРЛЕНКО, д-р техн. наук, проф.	В. Я. РАСПОПОВ, д-р техн. наук, проф.
С. Н. ГРИГОРЬЕВ, д-р техн. наук, проф.	В. П. СМОЛЕНЦЕВ, д-р техн. наук, проф.
А. А. ЖУКОВ, канд. техн. наук, проф.	Ю. С. СТЕПАНОВ, д-р техн. наук, проф.
В. Л. ЗАКОВОРОТНЫЙ, д-р техн. наук, проф.	А. Г. СХИРТЛАДЗЕ, д-р техн. наук, проф.
Ю. М. ЗУБАРЕВ, д-р техн. наук, проф.	В. М. ТРУХАНОВ, д-р техн. наук, проф.
А. С. КАЛАШНИКОВ, д-р техн. наук, проф.	В. М. ШАРИПОВ, д-р техн. наук, проф.
С. В. КИРСАНОВ, д-р техн. наук, проф.	С. Ю. ШАЧНЕВ, канд. техн. наук
А. Ю. КОНЬКОВ, канд. техн. наук	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

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

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

# HANDBOOK

## AN ENGINEERING JOURNAL

### 03 (204)

### 2014

**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

### Up-to-date Technologies

- Samodurova M. N., Barkov L. A., Ivanov V. A.** Research and Upgrading Technology Press Products From Carbon Composites ..... 3
- Zaitsev A. M., Shachnev S. Yu.** The Efficiency Upgrading of External Panels Processing of Advanced Aluminum Alloy ..... 11
- Olefirenko N. A., Ovchinnikov V. V.** Improved Technology Renovation Crankshafts Compressors of Carriage Conditioners ..... 17
- Burlachenko O. V., Pushkarev O. I., Kiseleva M. N.** The Improvement of Ferrites Physical and Technological Treatment Processes ..... 23

### Constructing, Calculations

- Vasilev A. S., Galiy V. V.** Selection of Analog Layouts in the Design of Technical Systems Manufacture of Machine Parts ..... 25

### Metal-Cutting Machines and Tools

- Kirsanov S. V., Trifonov S. V., Babaev A. S.** Producing the Cemented Carbides Work Pieces for Stems of Gun Drills with Small Size ..... 29

### Today's Student, Tomorrow's Engineer

- Rastorguev G. A.** The Quality of Surface Layer and Technological Inheritance ..... 32

### Different information

- Bayneva I. I.** Review of Modern Halogen Lamps, Problems and Prospects of Its Development ..... 44
- Mikaeva S. A., Zheleznikova O. E., Prytkov S. V.** Imagin Sphere™ – Device for Measuring the Spatial Characteristics of LEDs and Led Light Sources ..... 51

### President of Editorial advisory

Academician of RAS, Dr of Eng. Sc.  
**R. F. GANIEV**

### Chairman Assistant

Dr of Eng. Sc., Prof.  
**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. BEZYAZYCHNY,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

**V. A. LASHKO,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

**A. I. BELYAKOV,**  
 Cand. of Eng. Sc.

**V. G. MALININ,**  
 Dr P.-H. Sc., Prof.

**A. I. BOLDYREV,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

**G. A. NUZHIDIN,**  
 Cand. of Eng. Sc.

**R. BLAZHKOVICH,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.  
 (Slovakia)

**YU. V. PANFILOV,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

**R. Ya. VAKULENKO,**  
 Dr. of Econom. Sc, Prof.

**V. P. PUCHKOV,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

**V. A. GOLENKOV,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

**S. V. PYTKO,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.  
 (Poland)

**O. A. GORLENKO,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

**V. Ya. RASPOPOV,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

**S. N. GRIGORIEV,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

**V. P. SMOLENTSEV,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

**A. A. ZHUKOV,**  
 Cand. of End. Sc., Prof.

**Yu. S. STEPANOV,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

**V. L. ZAKOVOROTNY,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

**A. G. SHIRTLADZE,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

**Yu. M. ZUBAREV,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

**V. M. TRUHANOV,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

**A. S. KALASHNIKOV,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

**V. M. SHARIPOV,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

**S. V. KIRSANOV,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

**S. Yu. SHACHNEV,**  
 Cand. of Eng. Sc.

**A. Yu. KON'KOV,**  
 Cand. of Eng. Sc., Prof.

**V. P. CHIRKOV,**  
 Dr of Eng. Sc., Prof.

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@rambler.ru

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

Векторы линейного ускорения и угловой скорости, характеризующие перемещение основания, на котором установлен акселерометр, имеют проекции на оси СК XYZ:  $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$  и  $\omega_x$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$ . Инерционная масса вследствие движения основания занимает положение, определяемое угловой координатой  $\theta$ , которая содержит информацию об измеряемом ускорении  $a_x$ , вектор которого совпадает с осью чувствительности. Датчики углового положения маятника могут быть различных типов.

Рассмотрим силы, действующие на ИМ, и моменты сил относительно оси подвеса (качания) маятника. Считаем угловую скорость вращения основания постоянной, а силы инерции Кориолиса пренебрежимо малы по сравнению с остальными. К инерционной массе приложены силы, вызванные линейными ускорениями основания  $a_x$  и  $a_y$ , ускорением свободного падения  $g$  и центробежным ускорением  $(\omega_x^2 + \omega_y^2)l \sin \alpha$ , следствием которых являются моменты относительно оси подвеса маятника:

$$M_1 = ma_x l \cos \alpha,$$

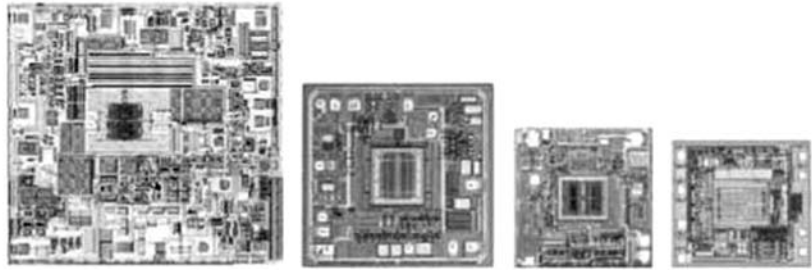
$$M_2 = m[g - (-a_y)]l \sin \alpha,$$

$$M_3 = m[(\omega_x^2 + \omega_y^2)l \sin \alpha]l \cos \alpha.$$

Движению маятника под действием указанных моментов препятствуют: момент упругих сил  $G_\alpha \alpha$  ( $G_\alpha$  – суммарная жесткость подвеса вокруг оси  $Oz$ , обусловленная упругими силами), момент диссипативных сил, или сил демпфирования  $k_{да} \dot{\alpha}$  ( $k_{да}$  – абсолютный коэффициент демпфирования) и инерционный момент  $J_z \ddot{\alpha}$  ( $J_z$  – момент инерции маятника относительно оси  $Oz$ ). Имея в виду, что угол  $\alpha$  – малая величина ( $\sin \alpha \approx \alpha$ ,  $\cos \alpha \approx 1$ ).

В соответствии с методом кинестатики получим уравнение движения ИМ по координате  $\alpha$ :

$$J_z \ddot{\alpha} + k_{да} \dot{\alpha} + [G_\alpha + m(g + a_y)l - m(\omega_x^2 + \omega_y^2)l^2] \alpha = ma_x l. \quad (5)$$



Параметр	Размерность	ADXL50 (1993)	ADXL76 (1996)	ADXL78 (2002)	ADXL40 (2004)
Площадь чипа	мм <sup>2</sup>	10,8	5,4	2,7	2,5
Площадь МЭМС	мм <sup>2</sup>	0,43	0,38	0,27	0,22
% МЭМС		4,0 %	7,0 %	10 %	8,8 %
$C_s$	ФФ	100	100	40	160
$f_0$	кГц	25,0	24,5	24,5	12,5
Уровень шума	мд/ Гц	4,0	1,0	1,0	1,0
Смещение	г	3,0	1,0	0,5	0,5

Рис. 7. Эволюция акселерометров

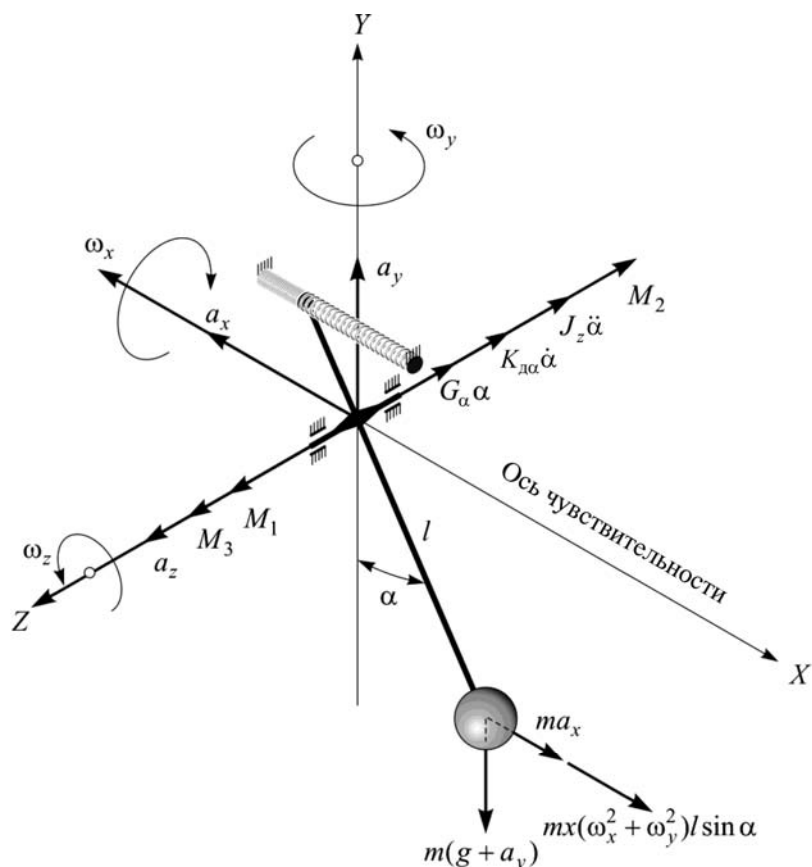


Рис. 8. Расчетная схема маятникового акселерометра прямого преобразования (вектор  $\vec{a}_x$  направлен в отрицательную сторону по оси  $Ox$ , чтобы движение маятника происходило против часовой стрелки вокруг положительного направления оси  $Oz$ )

На рис. 12, *г* показан ЧЭ, резонатор которого выполнен по кварцевой технологии и состоит из четырех стержней прямоугольного сечения, имеющих общее основание, которое через виброизолирующую ножку связано с корпусом. На наружных гранях стержня расположены восемь пьезоэлектрических преобразователей силы и восемь преобразователей перемещений.

Преобразователи силы создают два возможных режима колебаний, аналогичных показанным на рис. 12, *г*. Частоты колебаний стержней в резонаторе идентичны. На рис. 12, *д* показана схема ЧЭ, который состоит из стержня 2 в корпусе 1 и пьезоэлементов 3 – 6, нанесенных на гранях стержня. Стержень в поперечном сечении может иметь и другую форму, например равностороннего треугольника. КВГ с подобными резонаторами называют также стержневыми гироскопами.

Стержень с обеих сторон имеет уменьшенные сечения, которые можно считать упругими «точками» крепления стержня к корпусу. Пара пьезоэлементов 3 – 5 служит для возбуждения колебаний (первой формы) в плоскости  $yz$ . Каждый элемент стержня при этом получает линейную скорость  $v_y$ . Если конструкцию вращать вокруг оси  $z$  со скоростью  $\Omega$ , возникают силы инерции Кориолиса, которые вызывают колебания стержня в плоскости  $xz$  с линейными скоростями  $v_x$  каждого элемента. При этом один из пары пьезоэлементов 4 – 6 служит для измерения этих колебаний, а другой может быть включен в контур демпфирования колебаний. С помощью электронной цепи фиксируется как амплитуда колебаний, пропорциональная скорости  $\Omega$ , так и фаза, регистрирующая направление вращений вокруг оси  $z$ .

Фирма Sistron Donner выпускает гироскопы серии Giro Chip с резонатором по схеме рис. 12. *а*. Использование пьезоэлектрического материала существенно упростило конструкцию и обеспечило температурную стабильность и длительный срок службы.

Гироскопы при напряжении питания  $\pm 5$  В ( $\pm 3$  %) потребляют мощность меньше 0,8 Вт. Характеристики приборов серии Giro Chip приведены в табл. 2. Датчик угловой скорости имеет широкую сферу применения, в том числе и для навигации *беспилотных летательных аппаратов* (БПЛА).

## 2. Характеристики КВГ серии Giro Chip

Характеристика	Значения				
Стандартные диапазоны, %с	50	100	200	500	1000
Полный выходной сигнал, В	$\pm 2,5$	$\pm 2,5$	$\pm 2,5$	$\pm 2,5$	$\pm 2,5$
Крутизна характеристики, мВ/(°с)	50	25	12,5	5	2,5
Полоса пропускания, Гц	>60	>60	>60	>60	>60
Дрейф (заводской), %с	<2,0	<2,0	<3,0	<5,0	<10,0
Уровень выходного шума (0...100 Гц), $\%/\sqrt{\text{Гц}}$	<0,011	<0,012	<0,014	<0,02	<0,03

## 3. Характеристика инерциального модуля Motion Pack

Характеристика	Значение	
	Каналы угловой скорости	Каналы ускорений
Стандартные диапазоны	–	1, 2, 5, 10 g
Полный выходной сигнал	$\pm 2,5$ В	$\pm 2,5$ В
Калибровка крутизны характеристики (заводская)	<1 %	<1 %

С аналогичным чувствительным элементом выпускается датчик угловой скорости BEI Giro Chip™ HORIZON.

Фирма Sistron Donner разработала гироскоп QRS 11 (Quartz Rate Sensor), резонатор которого изготовлен из монокристаллического кварца и представляет собой сдвоенный камертон (по схеме рис. 12, *в*).

Сдвоенный резонатор позволяет уменьшить взаимодействие стержневых элементов. Масса QRS11 составляет 60 г при габаритах  $\varnothing 40 \times 16$  мм.

Три гироскопа QRS11 (каналы угловой скорости) и три акселерометра (каналы ускорений) входят в состав инерциального блока Motion Pack™. При напряжении питания 45 В потребляемая мощность 7 Вт. Характеристики блока приведены в табл. 3.

Инерциальный модуль имеет расширенные возможности использования по сравнению с приборами Giro Chip и Motion Pak, особенно для навигационных систем, в том числе для БПЛА.

Фирма Murata (Япония) выпускает две модификации пьезоэлектрических вибрационных гироскопов: ENV и ENC. ЧЭ гироскопов этих типов представляет собой призму, подвешенную на растяжках и имеющую сечение в форме равностороннего треугольника. Возбуждение колебаний призмы и съем сигнала осуществляются аналогично схеме гироскопа по рис. 12, *д*.

На боковых гранях этой призмы находятся пьезоэлементы для возбуждения первой формы изгибных колебаний призмы и съема сигналов. Призма выполнена из элинвара, имеющего почти нулевой температурный коэффициент модуля упругости, что позволяет уменьшить температурную зависимость характеристик гироскопа. Два преобразователя осуществляют возбуждение (на частоте около 25 кГц) первичных и измерение вторичных колебаний, а третий служит для создания обратной связи.

Гироскопы ENC, ENV предназначены в основном для автомобильных применений и для направления спутниковой антенны на подвижных объектах. При наличии коррекции они могут быть использованы в БПЛА с ограниченным временем полета [7].

В табл. 4 приведены характеристики гироскопов GirostarENV-05D-02 и ENC-05S, выполняющих функцию датчика угловой скорости.

Наряду с резонаторами, в которых вибрирующие элементы выполнены в виде стержней, применяются резонаторы, которые представляют вибрирующие элементы – *инерционные массы* (ИМ), на упругом подвесе.