

ИНЖЕНЕРНЫЙ ЖУРНАЛ СПРАВОЧНИК

6 (207)
2014

С приложением

Научно-технический и производственный журнал
Издается с января 1997 года

ЖУРНАЛ ВЫХОДИТ ПРИ СОДЕЙСТВИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ

СОДЕРЖАНИЕ

Современные технологии

- Калашников А. С., Моргунов Ю. А., Калашников П. А.** Особенности технологии зубохонингования цилиндрических колес 3
- Файншмидт Е. М., Пегашкин В. Ф., Шевченко О. И., Астафьев Г. И.** Электроискровая цементация крупногабаритного пресс-инструмента 10
- Носков А. С., Королев А. В., Решетникова О. П.** Результаты экспериментальных исследований технологии создания прочного антифрикционного покрытия на дорожки качения упорных подшипников 13

Конструирование, расчеты

- Нейман Л. А.** Синхронный электромагнитный механизм для виброударного технологического оборудования 17
- Труханов В. М., Свечников Р. С.** Методика оценки количественных показателей надежности по результатам эксплуатации изделий гидроакустической связи типа: структура-35, структура-СВП, МГ-55М и т.п. 20
- Жуков А. А., Хасанова Л. А., Немтырев О. В.** Численное моделирование напряженно-деформированного состояния азотированных зубчатых колес из конструкционной стали 20Х3МВФА 26

Металлорежущие станки и инструменты

- Моховиков А. А., Игнатьев А. С.** Влияние модификации передней поверхности режущего инструмента на износостойкость 32

Техническое обслуживание и ремонт

- Юркевич В. В., Дубовицкий Б. О.** Метод спектров огибающих при контроле подшипников качения, имеющих дефекты 35

Сегодня – студент, завтра – инженер

- Кондаков А. И., Васильев А. С.** Теория принятия проектных решений (конспект лекций). *Продолжение* 40
- Попов В. В.** Обучение проектированию технических систем – основа инженерного образования 46

Разная информация

- Микаева С. А., Микаева А. С.** Энергообеспечение и энергоаудит промышленных предприятий 50
- Григорьев И. В., Тихонов И. И., Никифорова А. И., Григорьева О. И.** Устройства для контроля за весом груза на сухопутном лесовозном транспорте ... 53

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
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.
М. А. ЕВДОКИМОВ, д-р техн. наук, проф.	Ю. С. СТЕПАНОВ, д-р техн. наук, проф.
А. А. ЖУКОВ, канд. техн. наук, проф.	А. Г. СХИРТЛАДЗЕ, д-р техн. наук, проф.
В. Л. ЗАКОВОРОТНЫЙ, д-р техн. наук, проф.	В. М. ТРУХАНОВ, д-р техн. наук, проф.
Ю. М. ЗУБАРЕВ, д-р техн. наук, проф.	В. М. ШАРИПОВ, д-р техн. наук, проф.
А. С. КАЛАШНИКОВ, д-р техн. наук, проф.	С. Ю. ШАЧНЕВ, канд. техн. наук
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

6 (207)

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

- Kalashnikov A. S., Morgunov J. A., Kalashnikov P. A.** Technology Features of Honing of Cylindrical Gears 3
- Fainshmidt E. M., Pegashkin V. F., Shevchenko O. I., Astafyev G. I.** Electro-spark Cementation of Large-Sized Pressing Tool 10
- Noskov A. S., Korolev A. V., Rechetnikova O. P.** Results of Experimental Research Technologies Create Lasting Anti-friction Coating on the Raceway of Thrust Bearings 13

Constructing, Calculations

- Neyman L. A.** Synchronous Electromagnetic Mechanism for Vibratory Impact Mechanism for Manufacturing Equipment 17
- Trukhanov V. M., Svechnikov R. S.** Assessment Methodology Quantified Reliability as a Result of Use of Products Hydroacoustic of "Structure 35", "Structure of SVP", "MG-55M" etc 20
- Zhukov A. A., Khasanova L. A., Nemtyrev O. V.** Numerical Modeling of the Stress-strain State of the Nitrided Gears From Constructional Steel 20H3MVFA 26

Metal-Cutting Machines and Tools

- Mokhovikov A. A., Ignatyev A. S.** Impact Modification of the Front Surface of the Cutting Tool Wear Resistance 32

Maintenance, Repair and Operations

- Yurkevich V.V., Dubovizki B. O.** The Method of Enevelopes in the Control of Rolling Bearings with Defects 35

Today – a student, tomorrow – Engineer

- Kondakov A. I., Vasiliev A. S.** The Theory of Making Design Decisions (Lecture Notes). *Continuation* 40
- Popov V.V.** Teaching Technical Systems Designing-Basics of Engineering Education 46

Different Information

- Mikaeva S. A., Mikaeva A. S.** Energy Supply and Energy Audit of Industrial Enterprises 50
- Grigorev I. V., Tihonov I. I., Nikiforova A. I., Grigoreva O. I.** Devices for the Control Over Weight of a Cargo on Land for Transport for Transportation of Wood 53

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. BEZYZYCHNY,
Dr of Eng. Sc., Prof. | A. Yu. KON'KOV,
Cand. 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. TRUKHANOV,
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. |
| | 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

$$D = \frac{a_1}{b_1}$$

– безразмерный комплекс, характеризующий геометрию сечения среза, где b_1 – ширина среза, м.

Значения коэффициентов и показателей степени приведены в табл. 3.

Значения m для расчета величин x (табл. 3) определяются следующим образом:

- при $\lambda_g \leq 20$ и $B < 10\Gamma^{0,05}D^{0,11}$ $m = 0,045$;
- при $10\Gamma^{0,05}D^{0,11} \leq B < 60\Gamma^{0,7}D^{0,11}$ $m = 0,03$;
- при $B \geq 60\Gamma^{0,05}D^{0,11}$ $m = -0,055$;
- при $\lambda_g > 20$ при тех же интервалах изменения B величина m равна соответственно 0,105; 0,09 и 0,005.

При закреплении заготовки в патроне с поддержкой задним центром

$$\Delta h = \tau_p S t \sin \eta \left(\frac{20L^3}{C_j E_g d^4} + \frac{1}{C_1 D^x \left[L - l \left(1 - \frac{C_2}{C_1} \right) \right]} + \frac{1}{j_{\text{нп}}} \right) \mu_2 \times$$

$$\times \left\{ \frac{1}{B} - 1 + \operatorname{tg}(\operatorname{arctg} B - \gamma) + \frac{0,5\rho_1 b}{\mu_1 S t} \left[\arccos \left(1 - a_2 B^{-b_2(1-\sin \gamma)^{-x}} \right) + \frac{a_2 B^{1-b_2(1-\sin \gamma)^{-x}}}{\sin \alpha (\cos \gamma + B \sin \gamma)} + \frac{\delta}{\rho_1} \right] \cos \alpha \right\}, \text{ м.} \quad (6)$$

Жесткость $j_{\text{нп}}$ выбирается в зависимости от вида приспособления. По данным А. П. Соколовского для станков с высотой центров 200...250 мм при нагружении на плече с длиной 200 мм (от переднего торца шпинделя) жесткость навинчиваемого на шпиндель трехкулачкового патрона составляет $(650...1600) \cdot 10^4$ Н/м; четырехкулачковый патрон с высотой центров 400 мм с резьбовым креплением при нагружении на плече 200 мм имеет жесткость $4100 \cdot 10^4$ Н/м, а такой же патрон с фланцевым креплением при нагружении на плече длиной 300 мм имеет жесткость $4500 \cdot 10^4$ Н/м. При изменении длины плеча, на котором прикладывается сила, жест-

кость изменяется обратно пропорционально квадратам длин плеч:

$$j_{\text{патр}} = j_{\text{патр. макс}} \frac{S_{\min}^2}{S^2},$$

где S_{\min} – длина плеча, указанная выше, мм; S – максимальный вылет заготовки в патроне (от торца шпинделя станка), мм.

Жесткость центров (№ 4 – 6) токарных станков с учетом деформации стыков составляет $(5000...7000) \cdot 10^4$ Н/м.

Для конкретных схем базирования жесткость может приниматься в соответствии с табл. 4.

3. Значения коэффициентов и показателей степени в формуле для определения комплекса B

Обозначение величин	Интервалы изменения B , λ_g и произведения ΓD		Значения величин	
			$\Gamma \leq 9,5$	$\Gamma > 9,5$
C	$B \leq 60\Gamma^{0,05}D^{0,11}$	$\lambda_g \leq 20$	0,9	1,35
		$\lambda_g > 20$	$0,45\Gamma^{-0,09}$	
	$B > 60\Gamma^{0,05}D^{0,11}$	$\lambda_g \leq 20$	6,05	
		$\lambda_g > 20$	2,6	
x	$B \leq 0,6\Gamma^{0,7}D^{0,11}$		$-0,21[\Gamma(1 - \sin \gamma)]^{-0,3} + m$	
	$60\Gamma^{0,05}D^{0,11} \geq B > 0,6\Gamma^{0,7}D^{0,11}$		$0,31[\Gamma(1 - \sin \gamma)]^{-0,22} + m$	
	$B > 60\Gamma^{0,05}D^{0,11}$		$-0,16[\Gamma(1 - \sin \gamma)]^{-0,22} + m$	
y	$\lambda_g \leq 20$		$-0,11[B(1 - \sin \gamma)]^{-0,6}$	
	$20 \leq \lambda_g \leq 110$		$-0,62[B(1 - \sin \gamma)]^{-0,82}$	
	$\lambda_g > 110$		0,195	
z	$0,19[B\Gamma(1 - \sin \gamma)]^{0,11}$			

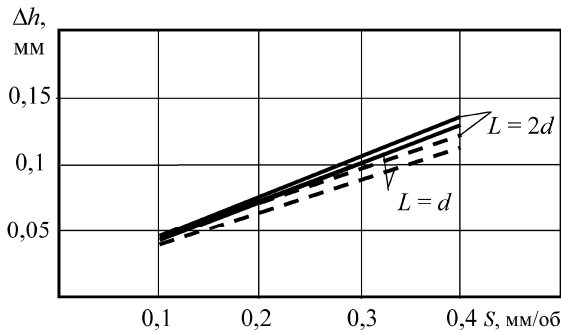


Рис. 5. Сопоставление расчетных и экспериментальных значений Δh при обработке в патроне токарного станка ИК620 (обрабатываемый материал ЭИ698ВД, резец из ВК8):

$v = 0,4$ м/с; $\alpha = 12^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\varphi = 45^\circ$; $\varphi_1 = 15^\circ$; $r = 1$ мм; $\rho_1 = 30$ мкм; $t = 1,5$ мм; $d = 60$ мм, — расчет; - - - эксперимент

При расчетном определении погрешности Δh использовались теоретические зависимости для определения составляющих силы резания [4].

$$P_z = \tau_p a_1 b_1 \left\{ 1 + \frac{1}{B} + \operatorname{tg}(\operatorname{arctg} B - \gamma) + \frac{0,5 \rho_1 b}{a_1 b_1} \times \right. \\ \times \left[\arccos \left(1 - a_2 B^{-b_2 (1 - \sin \gamma)^{-x}} \right) + \right. \\ \left. + \frac{a_2 B^{1 - b_2 (1 - \sin \gamma)}}{\sin \alpha (\cos \gamma + B \sin \gamma)} + \frac{\delta}{\rho_1} \right] \cos \alpha \left. \right\};$$

$$P_y = \tau_p a_1 b_1 \left\{ \frac{1}{B} - 1 + \operatorname{tg}(\operatorname{arctg} B - \gamma) + \frac{0,5 \rho_1 b}{\mu_1 a_1 b_1} \times \right. \\ \times \left[\arccos \left(1 - a_2 B^{-b_2 (1 - \sin \gamma)^{-x}} \right) + \right. \\ \left. + \frac{a_2 B^{1 - b_2 (1 - \sin \gamma)^{-x}}}{\sin \alpha (\cos \gamma + B \sin \gamma)} + \frac{\delta}{\rho_1} \right] \cos \alpha \left. \right\} \sin \eta;$$

$$P_x = \tau_p a_1 b_1 \left\{ \frac{1}{B} - 1 + \operatorname{tg}(\operatorname{arctg} B - \gamma) + \frac{0,5 \rho_1 b}{\mu_1 a_1 b_1} \times \right. \\ \times \left[\arccos \left(1 - a_2 B^{-b_2 (1 - \sin \gamma)^{-x}} \right) + \right. \\ \left. + \frac{a_2 B^{1 - b_2 (1 - \sin \gamma)^{-x}}}{\sin \alpha (\cos \gamma + B \sin \gamma)} + \frac{\delta}{\rho_1} \right] \cos \alpha \left. \right\} \cos \eta.$$

При торцовом фрезеровании погрешность от недостаточной жесткости технологической системы (жесткости станка, приспособления, инструмента и заготовки), когда учитывается неравномерная твердость обрабатываемого материала и колебание припуска на обработку, определяется по формуле

$$\Delta h = \frac{\tau_p \mu_2 S_z k_t t \sin \eta}{J_{\text{сист}}} \left[\frac{1}{B} - 1 + \operatorname{tg}(\operatorname{arctg} B - \gamma) + \frac{0,5 \rho_1 b \Delta \cos \alpha}{S_z k_t \mu_3} \right] + \\ + \frac{\Delta l}{2D} \left(D - \sqrt{D^2 - H^2} \right),$$

где D – диаметр фрезы, м; t – глубина резания, м; b – длина режущей кромки зуба фрезы, м; Δ – длина контакта по задней поверхности зуба фрезы с обрабатываемым материалом, м; H – ширина резания, м; Δl – параметр неперпендикулярности оси шпинделя к столу станка, м; ρ_1 – радиус округления режущей кромки зуба фрезы, м; τ_p – сопротивление материала пластическому сдвигу, Па; $J_{\text{сист}}$ – жесткость технологической системы СПИЗ, Н/м; μ_2 – коэффициент динамичности технологической системы СПИЗ; μ_3 – коэффициент трения на задней поверхности зуба фрезы; k_t – коэффициент, учитывающий колебание припуска; B – безразмерный комплекс процесса резания, отражающий влияние степени пластических деформаций материала снимаемого припуска; α – задний угол зуба фрезы, $^\circ$; γ – передний угол зуба фрезы, $^\circ$; η – угол схода стружки, $^\circ$

$$\frac{1}{j_{\text{сист}}} = \frac{1}{C_1 H_{\text{ст}}^x} + \frac{1}{C_{\text{пр}} H_{\text{пр}}^n} + \frac{l_{\text{фр}}^3}{0,15 E D_{\text{ф}}^4} + \frac{12 x_0^2 (L_{\text{пр}} - x_0)^2}{E_d h_d L_{\text{пр}} H},$$

где $H_{\text{ст}}$ – ширина стола фрезерного станка, м; C_1 и x – коэффициенты, зависящие от конструкции станка и степени его точности. Значения их приведены в табл. 5; $l_{\text{фр}}$ – вылет фрезы из шпинделя станка, м; E – модуль упругости материала фрезы, Па; $D_{\text{ф}}$ – диаметр фрезы, м; $L_{\text{пр}}$ – длина между опорами приспособления, м; E_d – модуль упругости материала обрабатываемой заготовки, Па; H – ширина обрабатываемой заготовки, м; h_d – толщина обрабатываемой заготовки, м; x_0 – расстояние от неподвижной губки тисков или прижимных планок, расположенных слева от обрабатываемой поверхности, м.

Жесткость станочных тисков, широко применяемых при фрезеровании, может быть определена в зависимости от ширины губок [29]:

$$j_{\text{пр}} = C_{\text{пр}} H_{\text{пр}}^{x_n}, \text{ Н/м,}$$

где $H_{\text{пр}}$ – максимальная ширина губок, м; $C_{\text{пр}}$ и x_n – коэффициенты, зависящие от типа тисков. Значения их приведены в табл. 6.

5. Значения коэффициентов в формуле для определения жесткости системы СПИЗ

Тип станка	Класс точности	$C_1 \cdot 10^{-5}$	x	Стандарт
Фрезерные вертикальные с крестовым столом	Н	402	1,06	ГОСТ 9726–89
	П	491	1,04	
Фрезерные консольные	Н	402	0,97	ГОСТ 17734–88
	П	463	0,86	
Фрезерные широко-универсальные с поворотным столом	Н	343	0,97	ГОСТ 26016–83
	П	411	0,90	
Продольно-фрезерные:				
	– вертикальный шпиндель	Н	560	ГОСТ 18101–85
	П	436	0,51	
	– горизонтальный шпиндель	Н	565	ГОСТ 18101–85
	П	436	0,50	