

ИНЖЕНЕРНЫЙ ЖУРНАЛ СПРАВОЧНИК

4 (205) 2014

С приложением

Научно-технический и производственный журнал
Издается с января 1997 года

ЖУРНАЛ ВЫХОДИТ ПРИ СОДЕЙСТВИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ

СОДЕРЖАНИЕ

Современные технологии

Киричек А. В., Соловьев Д. Л. Создание поверхностного слоя с высокими эксплуатационными свойствами волновым деформационным упрочнением 3

Максименко Ю. А., Куц В. В. Анализ изменения погрешности обработки РК-профильного вала при переточке зубьев фрезы дисковой с радиальной конструктивной подачей 8

Конструирование, расчеты

Гладышкин А. О., Гречухин А. Н., Разумов М. С., Корольков И. А. Проверочный расчет заготовок на жесткость в процессе формообразования гранных поверхностей с переменным профилем планетарным точением 13

Рукавицын А. Н., Яковлев И. А. Управляющий алгоритм биоинженерного реабилитационного устройства для принудительной разработки нижних конечностей человека 17

Металлорежущие станки и инструменты

Разумов М. С., Гречухин А. Н., Пыхтин А. И. Аналитическое определение минимально допустимого значения заднего угла металлорежущего инструмента при обработке гранных поверхностей с переменным профилем планетарным точением 23

Сергеев С. А., Иванков М. Ю. Методика профилирования зуборезного инструмента для цепных муфт 27

Малыхин В. В., Яцун Е. И., Новиков С. Г. Виброакустическая диагностика состояния режущего инструмента и микронеровностей обработанной поверхности 31

Алтухов А. Ю. Обеспечение эффективной работы инструментов из сверхтвердых материалов в условиях прерывистого точения 36

Емельянов С. Г., Чевычелов С. А., Чистяков П. П. Разработка САПР гиперболоидных фрез для обработки эвольвентных профилей 42

Качество и сертификация продукции

Ивахненко А. Г., Пузанов В. Е. Обоснование плановых значений целевых показателей предприятия в области качества на основе моделирования динамики качества машиностроительной продукции 47

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

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

4 (205)

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

Kirichek A. V., Solovyev D. L. Creating a Surface Layer of High Performance Wave Strain Hardening 3

Maksimenko Y. A., Kuts V. V. Analysis of Changes in Error Processing RK-profile Shaft With Teeth Resharpener Cutters with Radial Constructive Feed 8

Constructing, Calculations

Gladyshev A. O., Grechuhin A. N., Razumov M. S., Korolkov I. A. Test Calculation of Preparations on Rigidity in the Course of the Shaping of-Faced Surfaces with the Variable Profile Planetary Turning 13

Rukavitsyn A. N., Yakovlev I. A. The Control algorithm Bioengineered Scaffold Studied the Main Rehabilitation Device for Forced the Development of Lower Extremities Man 17

Metal-Cutting Machines and Tools

Razumov M. S., Grechuhin A. N., Pykhtin A. I. Test Calculation of Preparations on Rigidity in the Course of the Shaping of-Faced Surfaces with the Variable Profile Planetary Turning 23

Sergeev S. A., Ivankov M. Y. The Technique of Profiling a Gear-cutting Tool for Chain Couplings 27

Malihin V. V., Jatsun E. I., Novikov S. G. Vibroacoustic Diagnostics of the Cutting Tool and the Machined Surface Microroughness 31

Altuhov A. Yu. Ensuring Effective Operation of Tools From Superfirm Materials in the Conditions of Fluting Turning 36

Emelyanov S. G., Chevychelov S. A., Chistyakov P. P. Development CAD Hyperboloid Cutters for Involute Profiles 42

Quality and certification of production

Ivakhnenko A. G., Puzanov V. E. Rationale Plan Values Targets Company's Quality Based on Modeling Dynamics of Quality Engineering Products 47

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.

В. А. ЛАШКО.

д-р. техн. наук, проф.

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 Eng. 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

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

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

E-mail: hb@idspektr.ru; sishpost@rambler.ru

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

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

где $\sum M_3^{\text{внеш}}$ – сумма внешних моментов, действующих в шарнирном соединении; $M_{\text{тр.пред}}$ – предельный момент силы трения.

Моделирование взаимодействия робота с поверхностью

Для снижения динамических эффектов контактного взаимодействия, а также управления процессом фиксации в устройстве, принято решение использовать упругие опорные элементы, оснащенные контактным выключателем (рис. 5).

Устройство состоит из подвижной части с контактной поверхностью 1, которая установлена в основании опоры 2. Под действием силы реакции со стороны поверхности трубы 9 подвижная часть опорного элемента перемещается вдоль основания по шариковым направляющим 3, что приводит к деформации основной пружины 5. Для обеспечения исходного положения подвижной части опорного элемента пружина 5 находится в предварительно сжатом состоянии. При перемещении подвижной части на расстояние более l_1 происходит деформация пружины 6. При перемещении подвижной части на величину, равную l_2 , опора упирается в ограничитель 7. В конструкции присутствует концевой выключатель 4, который сообщает системе управления устройства о контактном взаимодействии опорного элемента ползающего робота с поверхностью трубопровода.

Подбор жесткостей и вязкостей подвеса подвижной части опорного элемента позволяет настроить систему на необходимое усилие, достаточное для срабатывания контактного датчика. Подбор жесткости дополнительной пружины 6 обеспечивает компенсацию ошибок перерегулирования системы.

Покажем упругую характеристику опорного элемента робота. Для удобства расчета силу упругости представим в виде функции угла поворота, который однозначно определяется линейным перемещением подвижной части опорного элемента.

На приведенной схеме (рис. 6) приняты следующие обозначения: φ_4^0 – угол поворота, при котором звено касается трубы; φ_0^4 – угол поворота, при котором подвижная часть опорного элемента касается дополнительной пружины; φ_0^{*4} – угол поворота, при котором подвижная часть опорного элемента упирается в ограничитель; $F_{\text{упр}}$ – сила упругости

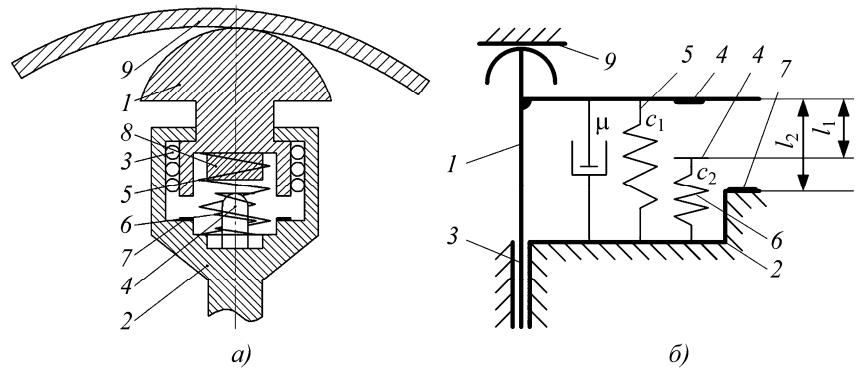


Рис. 5. Конструкция (а) и схема опорного элемента робота (б)

сти, возникающая при деформации пружинного подвеса подвижной части опорного элемента; $F_{\text{тр}}$ – сила трения, возникающая в точке контакта опорного элемента с трубой; N – нормальная реакция стенки трубопровода; M_{34}^* – обобщенный крутящий момент, приводящий в движение звено устройства; c_1, c_2 – коэффициент упругости пружин соответственно основной и дополнительной; β – угол наклона поверхности трубы в абсолютной системе координат; γ – угол между звеном и осью симметрии опорного элемента.

Рассмотрим расчетную схему робота, оснащенного опорным элементом (рис. 7).

Согласно схеме, точка A_5 оснащена деформируемым опорным элементом, который заменен на схеме эквивалентной жесткостью c и вязкостью μ . Поверхность трубопровода будем рассматривать как абсолютно твердое шероховатое неподвижное тело. В точке контакта возникают силы трения:

$$F_{\text{тр}}^5 = F_{\text{упр}} \sin(\gamma + (\varphi_4 - \beta)),$$

при $\text{tg}(\gamma + (\varphi_4 - \beta)) < k_{\text{тр}}^{\text{пред}}$,

где $k_{\text{тр}}^{\text{пред}}$ – предельный коэффициент трения. А также силы нормальной реакции

$$N = F_{\text{упр}} \sin(\gamma + (\varphi_4 - \beta)),$$

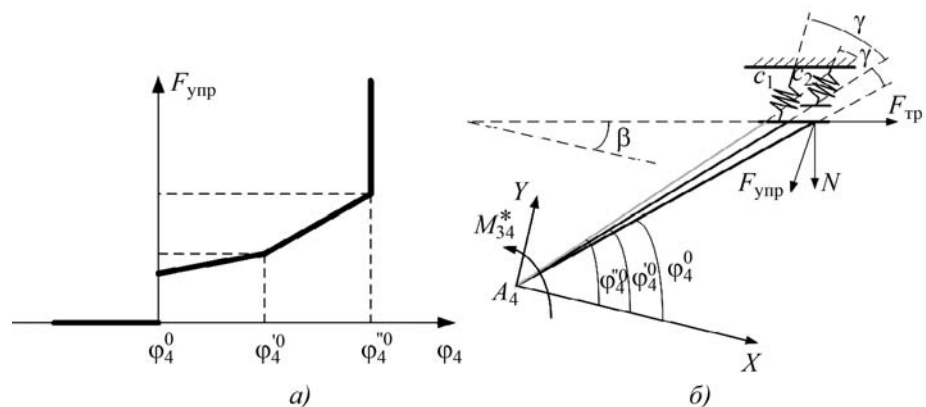


Рис. 6. Закон изменения силы упругости (а) и схема нелинейного опорного элемента (б)

а значит, и более тяжелые разгонные приводы, что приведет к увеличению массы всего робота. С этой стороны направляющие качения обладают лучшими характеристиками.

Для исследуемого робота были спроектированы два модуля: один с направляющими скольжения, второй – с направляющими качения, и проведены эксперименты, по результатам которых установлено, какой вид направляющих лучше использовать в прыгающих аппаратах.

Направляющие скольжения состоят из одной детали – стойки 7 П-образной формы с отверстиями, в которых движутся стержни 9 (рис. 2, б). Масса такого модуля равна 20 г.

Направляющие качения выполнены в виде отдельного модуля, включающего в себя стойку 2 и крышку 12 с установленными в них осями 13, на которых вращаются ролики 14. Стойка и крышка выполнены из сплава алюминия Д16, а ролики – из фторопласта (рис. 2, а). Для обеспечения поступательного движения каждого стержня 9 используются три ролика, которые в процессе работы вращаются на неподвижных осях. Применение роликов в направляющих качения приводит к тому, что для их эффективного функционирования необходимо достаточное удаление роликов друг от друга, что приводит к необходимости увеличения длины стержней 9, а значит, к возрастанию массы модуля, которая составляет 40 г.

Результаты экспериментальных и теоретических исследований

Высота и длина прыжка измеряются видеокамерой по координатной сетке, расположенной вертикально за аппаратом. Координатная сетка имеет шаг 0,01 м, погрешность измерений составляет 0,01 м.

Масса модуля направляющих качения больше, чем направляющих скольжения, поэтому масса экспериментального образца с направляющими скольжения равна 500 г, а с направляющими качения – 520 г, ход пружин составляет 5 см. Для проведения экспериментов использовались пружины с разными жесткостями, для каждого значения жесткости, соответственно, создаваемой разгонной силы, было проведено по пять экспериментов, а затем вычислено среднее значение высоты прыжка с использованием формулы

$$H_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^N H_i}{N}, \quad (1)$$

где H_i – высота прыжка в i -м эксперименте; N – число испытаний при одной жесткости пружин, $N = 5$.

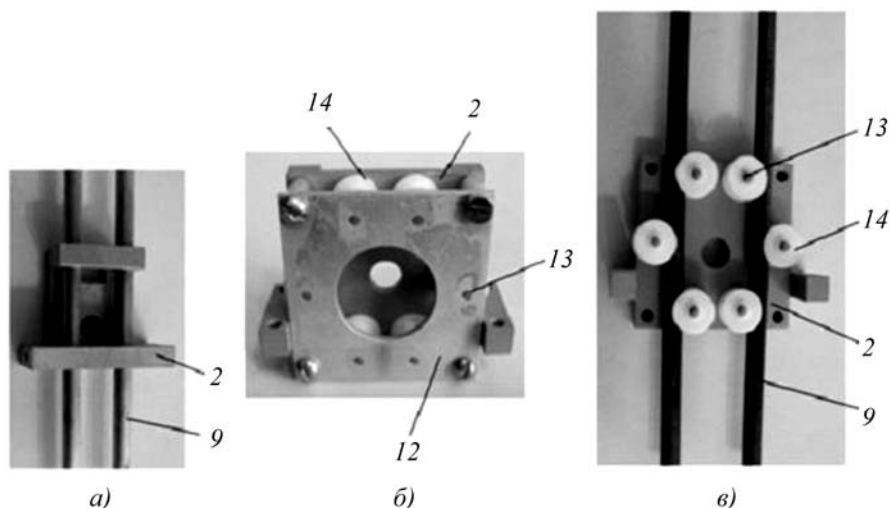


Рис. 2. Направляющие скольжения (а) и качения (б, в)

Численные значения силы пружин, теоретической и полученной экспериментально средней высоты прыжка, приведены в табл. 1. Теоретические значения высоты прыжка были вычислены на основании разработанной в [6 – 9] математической модели.

Рис. 3, а иллюстрирует графики теоретических и экспериментальных исследований высоты вертикального прыжка аппарата при различных значениях силы, формируемой поступательным приводом.

На графиках показано, что теоретическая зависимость имеет линейный характер, а экспериментальные зависимости – криволинейный, обусловленный погрешностью измерения, причем высота прыжка при использовании направляющих качения больше. Полученные результаты позволяют определить коэффициент полезного действия η поступательной пары «направляющие–стержни»: для пары скольжения $\eta_{ск} = 60\%$, для пары качения $\eta_k = 85\%$, что показано на рис. 3, б.

1. Экспериментальные и теоретические данные высоты прыжка аппарата

Наибольшая сила пружин F , Н	Теоретическая высота прыжка $H_{теор}$, м	Экспериментальная высота прыжка при паре скольжения $H_{ск}$, м	Экспериментальная высота прыжка при паре качения H_k , м
50	0,25	0,16	0,2
100	0,513	0,28	0,43
150	0,738	0,43	0,63
200	1,036	0,63	0,92
250	1,351	0,74	1,1
300	1,577	0,92	1,3
350	1,918	1,18	1,7
400	2,217	1,4	1,85