



Государственный
Орелский
технический университет
Научно-технический журнал
Издаётся с 1995 года
Выходит шесть раз в год
№ 2/3 (286) 2011
Март-апрель

Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии

Учредитель - Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс»
(ФГОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»)

Содержание

Естественные науки

<i>А.Е. Косых</i> Влияние угла поворота сегмента сборного круга с упруго-демпфирующим элементом на производительность шлифования.....	3
<i>Бабенко Е.В.</i> Кинематический анализ исполнительных механизмов поршневых машин объемного действия.....	7
<i>Буаиков Г.А., Дорихов Д.О.</i> Неразрушающий комплексный метод оценки остаточных напряжений деталей машин.....	14

Моделирование технологических процессов

<i>Апистимов Р.В., Ревенков А.А.</i> Математическое отображение пространства профилирования долбиков для колес с внутренними зубьями незвольвентного профиля.....	18
<i>Воронков А.В.</i> Математическая модель шероховатости поверхности детали при плоском шлифовании с усложненной кинематикой.....	23
<i>Ермаков И.Б.</i> Моделирование высокоскоростных процессов при гидробразивном резании.....	31
<i>Казанко В.Ю., Стебленко Ю.П., Таратанов А.С.</i> Определение шероховатости зубьев колес переаши <i>Новикова</i> с использованием математического отображения схемы резания.....	36
<i>Косенков М.А., Амбрасимов С.К.</i> Моделирование инструмента с предварительно установленной траекторией движения.....	40
<i>Кобиков Е.Г., Степанов Ю.С.</i> Расчетный метод корректировки значений динамических параметров испытательной машины осевого циклического нагружения.....	46
<i>Кочан А.А., Шмидт И.В.</i> Модель нагрева заготовки при шлифовании слоистой полимерно-композитной системы.....	52
<i>Федоров Т.В.</i> Моделирование комбинированного выдавливания полых осесимметричных деталей со ступенчатой наружной и внутренней боковой поверхностью.....	58
<i>Палеха К.С.</i> Математическое обоснование комбинаторного способа подачи СОЖ.....	61
<i>Руднева Ю.Ю., Василенко Ю.В.</i> Распределение температурных полей в заготовке при шлифовании.....	67

Машиностроительные технологии и инструменты

<i>Александров А.А., Барсуков Г.В.</i> Разработка оптимального абразивного состава для гидробразивного резания.....	70
<i>Алябко И.И., Буренин М.А.</i> Упрочнение поверхностей водоледяными струями высокого давления.....	76
<i>Горькое А.С.</i> Потребности финишной обработки сферической поверхности проток шаровых кранов на специализированных станках.....	79
<i>Жмурин В.В., Савицкий В.С.</i> Экспериментальное определение зависимости мощности резания от параметров обработки.....	84
<i>Мороз В.В., Семенин Г.И., Киричек А.В., Селемиев М.Ф.</i> Статико-импульсная обработка отверстий.....	90
<i>Маркин С.С., Брусков С.И.</i> Исследование схем распределения припуска при многопроходной обработке винтовых канавок.....	94
<i>Албасалиев А.Ю., Кузнецов А.И.</i> Герметичность радиальных уплотнений автономных штифтовых узлов при работе в воздушной запыленной атмосфере.....	99
<i>Адауров Р.С., Василенко Ю.В.</i> Обоснование выбора палочковой технологической оснастки для токарной и круглошлифовальной обработки.....	103

Машины, аппараты, технологии легкой и пищевой промышленности

<i>Таратанов А.А., Гивирев В.К.</i> Разработка этапов процессов автоматизированного проектирования специальной одежды.....	109
--	-----

Инновации и кадры в машиностроении

<i>Кузьмин В.В., Ликовская З.П., Морозова А.В.</i> Система менеджмента качества высшего технического учебного заведения.....	114
<i>Отрубянчиков А.Н., Углова Н.В.</i> Организация контроля качества продукции в ОАО «Михайловский горно-обогатительный комбинат».....	119

Приборостроение и биотехнические системы

<i>Федотова Д.Е., Кузьмин А.М., Лободина Л.И.</i> Режимы прецизионной лазерной маркировки изделий с тонкопленочным покрытием поверхностей.....	124
--	-----

Испытания, контроль, диагностика, и управление качеством

<i>Валит С.Л., Киселева Т.И.</i> Анализ видов и последствий потенциальных отказов процесса производства метизных изделий.....	128
<i>Андреева О.В., Иващенко А.Г.</i> Организация функциональной диагностики мета-поршневых станков.....	133
<i>Еремин А.А.</i> Оценка конструктивно-технологической сложности машиностроительных деталей на основе анализа электронной модели детали.....	139
<i>Майоров М.В., Подмастерьев К.В., Селесов А.В., Минин В.В.</i> Комплексный способ диагностирования подшипникового узла с применением нейронных сетей.....	145

Редакционный совет:
Голенков В.А. д-р техн. наук, проф., председатель
Радченко С.Ю. д-р техн. наук, проф., зам. председателя
Борзенков М.И. канд. техн. наук, доц.
Астафичев П.А. д-р юрид. наук, проф.
Иванова Т.Н. д-р техн. наук, проф.
Киричек А.В. д-р техн. наук, проф.
Колчунов В.И. д-р техн. наук, проф.
Константинов И.С. д-р техн. наук, проф.
Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.
Попова Л.В. д-р экон. наук, проф.
Степанов Ю.С. д-р техн. наук, проф.

Главный редактор
Степанов Ю.С. д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки Российской Федерации

Заместители главного редактора:
Гордон В.А. д-р техн. наук, проф.
Киричек А.В. д-р техн. наук, проф.
Подмастерьев К.В. д-р техн. наук, проф.

Редакционная коллегия:
Бабичев А.П. д-р техн. наук, проф.
Вдовин С.И. д-р техн. наук, проф.
Дмитриев А.М. д-р техн. наук, проф., член-корр. РАН
Емельянов С.Г. д-р техн. наук, проф.
Зубарев Ю.М. д-р техн. наук, проф.
Зубачинцев В.Г. д-р физ.-мат. наук, проф.
Иванов Б.Р. д-р техн. наук, проф.
Колесников К.С. д-р техн. наук, проф., академик РАН
Копылов Ю.Р. д-р техн. наук, проф.
Корндорф С.Ф. д-р техн. наук, проф.
Малинин В.И. д-р физ.-мат. наук, проф.
Мулюкин О.П. д-р техн. наук, проф.
Осадчий В.Я. д-р техн. наук, проф.
Панни В.Е. д-р техн. наук, проф., академик РАН
Располов В.Я. д-р техн. наук, проф.
Смоленцев В.П. д-р техн. наук, проф.

Ответственный за выпуск:
Васильев Ю.В. к.т.н., ассистент

Адрес редакции:
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
(4862) 43-48-90, 41-98-48, 55-55-24,
41-98-03
www.ostu.ru
E-mail: met_jit@ostu.ru

Зарег. в Федеральной службе по надзору в сфере связи массовых коммуникаций. Свидетельство: ПИ № ФС 77-35719 от 24 марта 2009 года

Подписан в индексе 29504 по объединенному каталогу «Пресса России»

© Госуниверситет – УНПК, 2011

Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, определенных ВАК для публикации трудов на соискание ученых степеней.



The journal is published since 1995
The journal is published 6 times a year
№ 2/3 (286) 2011

Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology

The founder – Federal state educational institution of the higher vocational training
«State University – Educational-Science-Production Complex»
(State University ESPC)

Editorial council:
Golenkov V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.
president
Radchenko S.Y. Doc. Sc. Tech., Prof.
vice-president
Borzenkov M.I. *Candidat Sc. Tech.,
Assistant Prof.*
Astafichev P.A. Doc. Sc. Low., Prof.
Ivanova T.I. Doc. Sc. Tech., Prof.
Kirichek A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.
Kolchunov V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.
Popova L.V. Doc. Sc. Ec., Prof.
Stepanov Y.S. Doc. Sc. Tech., Prof.
Konstantinov I.S. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editor-in-chief
Stepanov Y.S. Doc. Sc. Tech., Prof.
*honored worker of science of Russian
Federation*

Editor-in-chief Assistants:
Gordon V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.
Kirichek A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.
Podmasteryev K.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editorial Committee
Babichev A.P. Doc. Sc. Tech., Prof.
Vdovin S.I. Doc. Sc. Tech., Prof.
Dmitriev A.M. Doc. Sc. Tech., Prof.
Corresponding Member of RAS
Emelyanov S.G. Doc. Sc. Tech., Prof.
Zubarev Y.M. Doc. Sc. Tech., Prof.
Subchaninov V.G. Doc. Sc. Ph.-Math. Prof.
Ivanov B.R. Doc. Sc. Tech., Prof.
Kolesnikov K.S. Doc. Sc. Tech., Prof.
Academician of RAS
Korndorf S.F. Doc. Sc. Tech., Prof.
Malinin V.G. Doc. Sc. Ph.-Math. Prof.
Mulyukin O.P. Doc. Sc. Tech., Prof.
Mulochy Y.Ya. Doc. Sc. Tech., Prof.
Panin V.E. Doc. Sc. Tech., Prof.
Academician of RAS
Raspopov V.Ya. Doc. Sc. Tech., Prof.
Smolenzhev V.P. Doc. Sc. Tech., Prof.

Responsible for edition:
Vasilenko Yu.V. Ass. Prof. Doc.

Address
302020 Orel,
Naugorskoye Chaussec. 29
(4862) 43-48-90, 41-98-48, 55-55-24,
41-98-21
www.ostu.ru
E-mail: met_lit@ostu.ru

Journal is registered in Federal Department for Mass Communication. The certificate of registration ПИ № ФС77-35719 от 24.03.2009

Index on the catalogue of the «Pressa Rossii» 29504

© State University ESPC, 2011

Journal is included into the list of the Higher Examination Board for publishing the results of theses for competition the academic degrees.

Contents

Natural science

<i>Kosykh A.E.</i> Effect of the angle of rotation of segment with elastic damping elements on grinding performance.....	3
<i>Babenko E.V.</i> The kinematic analysis of power units of piston machines of volume act.....	7
<i>Bunakov R.A., Dorokhov D.O.</i> Determination of residual stresses.....	14

Process modeling

<i>Anisimov R.V., Revenkov A.A.</i> Mathematical representation of space of the roll forming of pinion cutters for sprockets with internal teeth not involute the profile.....	18
<i>Voronkov A.V.</i> Mathematical model of roughness surface details at flat grinding with the complication of kinematics.....	23
<i>Ermakov I.E.</i> High-speed processes modeling for hydro-abrasive erosion.....	31
<i>Kazakov V.Y., Steblecov Y.N., Tarapanov A.S.</i> Definition of the roughness of teeth of sprockets of transmission Novikova with use of mathematical map of the circuit of cutting.....	36
<i>Kosenkov M.A., Ambrosimov S.K.</i> Modelling of the tool with beforehand installed of motion path.....	40
<i>Stepanov Y.U.S., Kobjakov E.T.</i> Computational method of adjust values of dynamic parameters of testing machine of axis cyclic loading.....	46
<i>Koshin A.A., Shmidt I.V.</i> The model of heat of the workpiece during the grinding of polymeric composite layered system.....	52
<i>Fedorov T.V.</i> Numerical modelling for complex extruding of hollow axisymmetric parts with stepwise inside and outside lateral surface.....	58
<i>Tyukhtina K.S.</i> Mathematical justification combinatorial method coolant.....	61
<i>Rudneva Yu.Yu., Vasilenko Yu.V.</i> Distribution of temperature fields in preparation at grinding.....	67

Machine building technology and toolware

<i>Alexandrov A.A., Barsukov G.V.</i> Development of optimum abrasives waterjet cutting.....	70
<i>Alhov I.I., Burnashov M.A.</i> Hardening of surfaces of water-ice jets of high pressure.....	76
<i>Gorkov A.S.</i> Errors of finishing machining of a spherical surface of balls of ball valves on specialized machines.....	79
<i>Zhmurin V.V.</i> Experimental determination of the dependence of cutting power from the processing parameters.....	84
<i>Morin V.V., Semenkina G.N., Kirichek A.V., Selmenov M.F.</i> Static pulse processing holes.....	90
<i>Markin S.A., Brusov S.I.</i> Research of schemes of distribution of the cut layer on multipass milling of helix surfaces.....	94
<i>Albagachiev A.YU., Kushnir A.P.</i> Tightness of the radial seals spindles at work in a dusty air atmosphere.....	99
<i>Adachurov R.S., Vasilenko Y.U.I.</i> Rationale for pedestrian technological equipment for turning circular and treatment.....	103

Machines, devices, technologies of light and food industry

<i>Tarapanov A.A., Glyantsev V.K.</i> Development steps in the automated design of special clothing.....	109
--	-----

Innovation and personnel in engineering

<i>Kuzmin V.V., Lisovskaya Z.P., Morozova A.V.</i> System of quality management in the high education school.....	114
<i>Otrubyanikov A.N., Uglava N.V.</i> Organization of quality control at JSC Mikhailovsky GOK.....	119

Instrument making and biotechnical system

<i>Fedorov D.E., Kulgin A.M., Lebedeva I.I.</i> Regimes the technology the of precision laser marking of articles with thin-film coat surfaces.....	124
---	-----

Tests, control, diagnostics, and quality control

<i>Bazin S.A., Kiseleva T.P.</i> Analysis the shapes and consequences the potential defects the process of production the articles for the strengthening.....	128
<i>Anikeeva O.V., Ivakhnenko A.G.</i> The organization of functional diagnostics of metal cutting machine tools.....	133
<i>Yeromonin A.A.</i> Estimation of constructive-technological complexity of machinery parts by 3d model analyzing.....	139
<i>Majarov M.V., Journeymen K.V., Seikhov A.V., Mishin V.V.</i> A comprehensive method for diagnosis bearing using neural networks.....	145

УДК 621.9.06

О.В. АНИКЕЕВА, А.Г. ИВАХНЕНКО

ОРГАНИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

В работе рассмотрены вопросы организации обслуживания и ремонта металлорежущих станков по их фактическому техническому состоянию. Предложен подход к организации функциональной диагностики технологического оборудования, в основе которого лежит контроль параметров геометрической точности поверхностей обработанных деталей. Предложены зависимости для определения влияния геометрических погрешностей станка на погрешности расположения поверхностей обрабатываемых деталей.

Ключевые слова: металлорежущие станки; функциональная диагностика; геометрическая точность.

In work questions are considered of the organization of service and repair of metal cutting machine tools on their actual technical condition. The approach is offered to the organization of functional diagnostics of the process equipment in which basis the control lays of parameters of geometrical accuracy of surfaces of the processed details. Dependences are offered for definition of influence of geometrical errors of the machine tool on an error of an arrangement of surfaces of workable details.

Keywords: metal cutting machine tools; functional diagnostics; geometrical accuracy.

В условиях современного машиностроительного производства качество выпускаемой продукции непосредственно зависит от технического состояния технологического оборудования. Простои оборудования из-за неисправностей и ремонтов, отрицательно влияют на экономические показатели предприятия, а снижение точности оборудования снижает уровень качества продукции. Одна из главных задач предприятия – это обеспечение надлежащего технического состояния оборудования, которая решается путем рационализации организации технического обслуживания и ремонта оборудования.

В настоящее время для повышения качества процессов эксплуатации технологического оборудования необходим переход от планово-предупредительного ремонта к обслуживанию и ремонту по фактическому техническому состоянию. Использование такой стратегии обслуживания требует широкого применения средств и методов диагностирования.

Техническая диагностика решает следующие основные задачи: диагноза (определения состояния, в котором в настоящий момент находится оборудование), прогноза (предсказание состояния, в котором окажется оборудование в будущий момент времени) и генезиса (определение состояния, в котором оборудование находилось в некоторый момент времени в прошлом) и исследует вопросы определения работоспособности, формы проявления отказов, методы их локализации, распознавания и прогнозирования без разборки машины [1]. Проблемы практического применения технической диагностики металлорежущих станков связаны с большим количеством типоразмеров и видов станков, разнообразием конструкций.

В процессах формообразования деталей машин на сегодняшний день основным инструментом оценки состояния оборудования остаются стандартизованные методы определения технологической точности по показателям точности изготавливаемых деталей, которые не выявляют связи отдельных показателей точности продукции с состоянием того или иного модуля. Систему расчетов, непосредственно связывающую известное возмущение процесса обработки с набором погрешностей обрабатываемой детали, созданную профессором В.Т. Портманом, называют моделью выходной точности станка [2].

В [2] предложен вариационный метод расчета точности металлорежущего станка, на основе которого построена последовательность построения баланса точности станка:

1) построена модель формообразующей системы (ФС) металлорежущего станка. В общем виде функция формообразования может быть представлена как:

$$r_0 = A_{\text{пр1}} A_{\text{ст}} A_{\text{пр2}} A_{\text{и}} r^3 = A_{\Sigma} r^3, \quad (1)$$

где $A_{\text{пр1}}$, $A_{\text{пр2}}$ – матрицы преобразований координат приспособлений;
 $A_{\text{ст}}$ – матрица преобразований координат станка;
 $A_{\text{и}}$ – матрица преобразований координат режущего инструмента;
 A_{Σ} – матрица преобразований всей ФС;
 r^3 – радиус-вектор формообразующих точек инструмента;

2) установлены параметры связей (скрытых, огибания и функциональных) для обработки заданных поверхностей;

3) произведена вариация функции формообразования Δr_0 – векторного баланса точности металлорежущего станка:

$$\Delta r_0 = \sum_{i=0}^l \sum_{j=1}^6 (A_{0,i} D_i^j A_{i,j} r_i) \delta q_i^j, \quad (2)$$

где $A_{0,i}$ – матрица преобразования ФС;
 D_i^j – матрицы для входных погрешностей δq_i^j ;
 $A_{i,j}$ – вариация матрицы $A_{0,i}$;
 l – число связей огибания;
 r_i – радиус-вектор точки инструмента;
 δq_i^j – погрешность положения i -го узла станка по j -ой координате;

4) определить нормаль n к поверхности и баланс нормальных погрешностей Δr_n :

$$\Delta r_n = \Delta r_0 \cdot n. \quad (3)$$

Так, для поверхности плоского торца, обрабатываемой на токарном станке, уравнение баланса нормальных погрешностей (3) имеет вид [2]:

$$\Delta r_{n1} = \alpha_0 x \sin \varphi - \beta_0 x \cos \varphi - (\beta_1 + \beta_2) x + \sum_{i=0}^3 \delta_{zi}, \quad (4)$$

где φ – угол поворота шпинделя станка;

x – переменная, имеющая смысл поступательного перемещения вдоль оси OX ;

α_0 – малый угол поворота вокруг оси OX обрабатываемой детали со шпинделем;

β_0 – малый угол поворота вокруг оси OY обрабатываемой детали со шпинделем;

β_1 – малый угол поворота вокруг оси OY станины;

β_2 – малый угол поворота вокруг оси OY продольного суппорта;

$\delta_{z0...z3}$ – малое абсолютное смещение вдоль оси OZ обрабатываемой детали со шпинделем, станины, продольного суппорта и поперечного суппорта соответственно.

Функциональная диагностика токарного станка, таким образом, сводится к решению обратной задачи расчета точности (при которой имеется в наличии полная информация о погрешностях обработанных на данном станке поверхностей). Уравнение для оценки параметров погрешностей положения δq_i^j , входящих в (4), имеет вид [2]:

$$\hat{\delta} = (A^T \cdot A)^{-1} A^T \Delta, \quad (5)$$

где A – конструкционная матрица порядка $n \times m$ ранга m , составленная из коэффициентов системы $\Delta_i = a_{11,12...1n} \delta q_1 + a_{21,22...2n} \delta q_2 + \dots + a_{1m,2m...mn} \delta q_m$, $i=1..n$,

a_{ki} – передаточные коэффициенты погрешностей;

T – знак транспонирования;

Δ – вектор порядка n , составленный из результатов измерений.

Наиболее распространенными видами обработки и металлорежущих станков являются токарные и фрезерные. Рассмотрим получение уравнения баланса нормальных погрешностей для поверхности дна закрытого призматического шпоночного паза, обрабатываемой концевой фрезой с прямолинейными зубьями.

Для вертикально-фрезерных станков при обработке поверхностей многолезвийным поверхностным режущим инструментом ФС имеет вид:

$$r_0 = A^1(x)A^2(y)A^6(\varphi)r^3, \quad (6)$$

где $A^1(x)$ – матрица, моделирующая поперечное движение стола вдоль оси OX ;

$A^2(y)$ – матрица, моделирующая продольное движение салазок относительно станины вдоль оси OY ;

$A^6(\varphi)$ – матрица, моделирующая вращение станины относительно шпинделя вокруг оси OZ ;

r^3 – уравнение режущих кромок концевой цилиндрической фрезы, имеющее вид [2]:

$$r^3 = r_i = \left(R \cos \frac{2\pi j}{n}; R \sin \frac{2\pi j}{n}; z; 1 \right)^T, \quad (7)$$

где $j = (1, \dots, n)$ – номер лезвия фрезы; n – число лезвий фрезы;

R – радиус фрезы;

z – переменная, имеющая смысл линейного смещения вдоль оси OZ ($0 \leq z \leq K$, K – длина фрезы).

Таким образом, векторный баланс точности для вертикально-фрезерного станка будет вычисляться по формуле:

$$\Delta r_{0\phi} = \sum_{i=0}^3 A_{0,i} \varepsilon_i A_{i,3} r_i = (\varepsilon_0 A^1 A^2 A^6 + A^1 \varepsilon_1 A^2 A^6 + A^1 A^2 \varepsilon_2 A^6 + A^1 A^2 A^6 \varepsilon_3) r^3, \quad (8)$$

где $\varepsilon_{0,1,2,3}$ – матрицы поворотов и переносов (смещений) по осям координат [2].

При накладывании связи огибания $x=0$, т.е. при расположении паза вдоль оси OY , поверхность дна шпоночного паза имеет вид:

$$r_{0\phi 3} = r_{0\phi 1, \dots, 5}(\varphi = 2\pi \pm \varphi_{xj}) = \begin{pmatrix} R(\cos(2\pi \pm \varphi_{xj}) \cos \frac{2\pi j}{n} - \sin(2\pi \pm \varphi_{xj}) \sin \frac{2\pi j}{n}) \\ R(\sin(2\pi \pm \varphi_{xj}) \cos \frac{2\pi j}{n} + \cos(2\pi \pm \varphi_{xj}) \sin \frac{2\pi j}{n}) + y \\ z \end{pmatrix}, \quad (10)$$

где $\varphi_{xj} = \arcsin \frac{x_j}{R}$ – угол поворота j -го лезвия фрезы (рисунок 1).

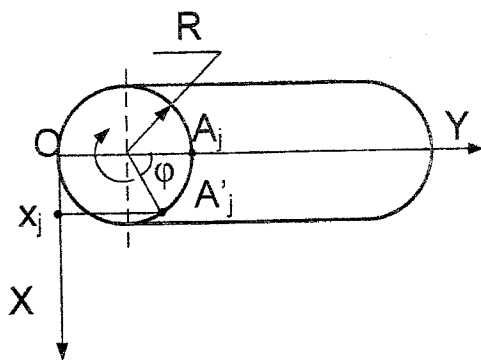


Рисунок 1 – Поворот j -го лезвия концевой цилиндрической фрезы

Баланс нормальных погрешностей поверхности $r_{0\phi 3}$ дна шпоночного паза с нормалью

$n_{0\phi 3} = (0; 0; -1)^T$ в точке (φ_{xj}, y) имеет вид:

$$\Delta r_{n_{\text{оаз}}} = -\sum_{i=0}^2 \alpha_i R (\sin(2\pi \pm \varphi_{xy}) \cos \frac{2\pi j}{n} + \cos(2\pi \pm \varphi_{xy}) \sin \frac{2\pi j}{n}) - \sum_{i=0}^2 \beta_i R (\sin(2\pi \pm \varphi_{xy}) \times \sin \frac{2\pi j}{n} - \cos(2\pi \pm \varphi_{xy}) \cos \frac{2\pi j}{n}) - \sum_{i=0}^1 \alpha_i y - \alpha_3 R \sin \frac{2\pi j}{n} + \beta_3 R \cos \frac{2\pi j}{n} - \sum_{i=0}^3 \delta_{zi} \quad (11)$$

где $\alpha_{0,1,2}$ – малые углы поворотов вокруг оси OX обрабатываемой детали со столом, продольных салазок, станины и шпинделя соответственно;

$\beta_{0,1,2}$ – то же, вокруг оси OY ;

$\delta_{z0,1,2,3}$ – малое абсолютное смещение вдоль оси OZ обрабатываемой детали со столом.

В процессе эксплуатации вертикально-фрезерного станка с радиусом фрезы $R=50$ мм и числом лезвий $n=9$, в результате измерений в 6-ти точках для 1-го лезвия фрезы, были получены отклонения от номинального положения точек (φ_{xy}, y) поверхности дна, результаты измерений занесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерений погрешностей поверхности дна шпоночного паза

Измерения Величины	1	2	3	4	5	6
y_i , МКМ	20000	30000	40000	50000	60000	70000
φ_{xy} , °	5,7°	11,5°	23,6°	36,9°	53,1°	90°
Δ_i , МКМ	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01

После решения уравнения (5) получили значения геометрических погрешностей ФС:

$$\sum_{i=0}^2 \alpha_i R = 0,017937 \text{ мкм}; \quad \sum_{i=0}^2 \beta_i R = 0,056418 \text{ мкм}; \quad \sum_{i=0}^1 \alpha_i = -0,000002 \text{ мкм};$$

$$\alpha_3 R \sin \frac{2\pi j}{n} - \beta_3 R \cos \frac{2\pi j}{n} + \sum_{i=0}^3 \delta_{zi} = 0,046957 \text{ мкм}.$$

В отличие от баланса точности для токарного станка [2], в данном случае определяются взвешенные значения геометрических погрешностей.

В работе предложен общий подход к функциональной диагностике технологического оборудования, состоящий из шести этапов.

Первый этап включает определение вида поверхностей для обрабатываемых на станке деталей, определение объема выборки с помощью статистических методов (устанавливается количество отобранных для измерений деталей). Также устанавливают требования к точности обработанных деталей.

На втором этапе определяют количество измерений отобранных на первом этапе деталей; выявляют количество и расположение точек одной детали, в которых будут производиться измерения. На данном этапе также определяют средства измерений деталей.

На третьем этапе составляют векторные балансы точности ФС станка (2), уравнения нормальных погрешностей (3) станков при обработке ими различных поверхностей, а также уравнения, связывающие геометрические погрешности ФС с погрешностями расположения обрабатываемых поверхностей.

На четвертом и пятом этапах производят соответственно прямые и косвенные измерения отклонений формы, размера и положения поверхностей деталей. Результаты используют при решении уравнений, полученные на 3-ем этапе.

На шестом этапе определяют геометрические погрешности – осуществляют функциональную диагностику станка, на основе результатов которой принимают решения о необходимости ремонта станка с целью восстановления его первоначальных значений показателей геометрической точности.

Следует отметить, что в работе [2] были рассмотрены лишь погрешности размера, в то время как на выходную точность обработанных на станках изделий влияют также погрешности расположения и формы поверхностей. Как частный случай, рассмотрим обработку детали на токарном станке (рисунок 2).

Для моделирования образования погрешностей расположения поверхностей будем использовать определения: базовая поверхность [2], номинальная поверхность [2], реальная поверхность [3], база [3].

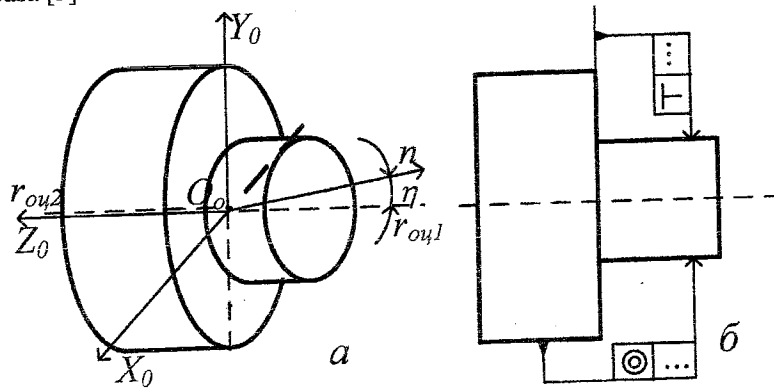


Рисунок 2 – Обрабатываемая на токарном станке деталь
а) общий вид обрабатываемой детали; б) рассматриваемые погрешности расположения

Величина отклонения от перпендикулярности оси малого цилиндра детали относительно плоского торца – это угол η между нормалью n к базовой поверхности торца и осью малой цилиндрической поверхности r_{ou1} , величину которого можно определить по выражению

$$\sin \eta = \frac{|n \times r_{ou1}|}{|n| |r_{ou1}|}, \text{ но, т.к. ввиду малости величины отклонения можно считать, что}$$

$$\sin \eta \approx \eta, \text{ тогда } \eta \approx \frac{|n \times r_{ou1}|}{|n| |r_{ou1}|}.$$

Уравнение базовой оси малой цилиндрической поверхности, заданное в параметрическом виде:

$$r_{ou1} = (z\beta_b + \delta_{xb}; -z\alpha_b + \delta_{yb}; z; 1)^T, \quad (12)$$

где α_b, β_b – малые углы поворота базовой поверхности вокруг осей X_0 и Y_0 ;

δ_{xb}, δ_{yb} – малые абсолютные смещения системы координат базовой поверхности вдоль осей X_0 и Y_0 ;

z – независимая переменная.

Уравнение базовой поверхности торца:

$$r_m = (x \cos \varphi + c\beta_b, x \sin \varphi - c\alpha_b, c - x\beta_b \cos \varphi + x\alpha_b \sin \varphi + \Delta c, 1)^T, \quad (13)$$

где x – независимая переменная, имеющая смысл линейного смещения вдоль оси X_0 (диаметр торца);

c – расстояние от торца до начала координат;

Δc – погрешность расстояния c ;

φ – угол поворота торца вокруг оси X_0 .

Уравнение нормали к базовой поверхности торца:

$$n = \left(\frac{\beta_b}{\sqrt{\beta_b^2 + \alpha_b^2 + 1}}, -\frac{\alpha_b}{\sqrt{\beta_b^2 + \alpha_b^2 + 1}}, \frac{1}{\sqrt{\beta_b^2 + \alpha_b^2 + 1}} \right). \quad (14)$$

При задании численных значений параметрам: $\delta_{xb}=\delta_{yb}=5$ мкм, $\alpha_b=\beta_b=1^\circ$, $z=2\cdot 10^4$ мкм, получили результат: угол $\eta \approx 1'13''$. На рисунке 5а представлено полученное отклонение от перпендикулярности оси малого цилиндра детали относительно поверхности торца.

Величина отклонения от соосности оси малого цилиндра относительно оси большого цилиндра детали – расстояние d между осями r_{ou1} и r_{ou2} малой и большой цилиндрическими поверхностями детали, величина которого определяется следующим образом:

$$d = \sqrt{(r_{ou1} [1] - r_{ou2} [1])^2 + (r_{ou1} [2] - r_{ou2} [2])^2 + (r_{ou1} [3] - r_{ou2} [3])^2}, \quad (15)$$

где r_{ou2} – уравнение базовой оси большой цилиндрической поверхности:

$$r_{ou2} = (z\beta_{b1} + \delta_{xb1}; -z\alpha_{b1} + \delta_{yb1}; z; 1)^T. \quad (16)$$

При задании численных значений параметрам: $\delta_{xb}=\delta_{yb}=5$ мкм, $\alpha_b=\beta_b=\alpha_{b1}=\beta_{b1}=10^\circ$, $\delta_{xb1}=\delta_{yb1}=2$ мкм, $z=2\cdot 10^4$ мкм, получили отклонение от соосности осей $d=4,24$ мкм, при этом угол между осями $\eta_1 \approx 44''$.

Представленные модели дают возможность определить влияние на погрешности расположения обработанных на токарном станке поверхностей детали геометрических погрешностей станка.

Таким образом, предложенный подход к организации функциональной диагностики представляет собой обратную задачу расчета точности станка и обеспечивает возможность управления качеством металлорежущих станков в процессе их эксплуатации по их фактическим техническим состояниям.

Работа выполнялась в соответствии с ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биргер И.А. Техническая диагностика. [Текст] / Биргер И.А. – М.: Машиностроение, 1987. – 240 с.
2. Решетов Д.Н. Точность металлорежущих станков. [Текст] / Решетов Д.Н., Портман В.Т. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.
3. ГОСТ 25142-82 «Шероховатость поверхности. Термины и определения».

Аникеева Олеся Владимировна

ГОУВПО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск
Аспирант кафедры управления качеством, метрологии и сертификации
Телефон: 8-908-123-86-24
E-mail: olesya-anikeeva@yandex.ru

Ивахненко Александр Геннадьевич

ГОУВПО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск
Д.т.н., профессор кафедры управления качеством, метрологии и сертификации
Телефон: (4712) 32-61-00
E-mail: ivakhnenko2002@mail.ru