

КОМПЮТЪРНО МОДЕЛИРАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ ОСНОВНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЕКСЦЕНТРИКОВ ПРОБИВНО-ФРЕЗОВ ПАТРОННИК

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКСЦЕНТРИКОВОГО СВЕРЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО ПАТРОНА

COMPUTER MODELLING AND RESEARCH OF THE BASIC CHARACTERISTICS OF AN ECCENTRIC DRILL-MILLING CHUCK

Acad. Prof. DSc. Eng. Kuznecov Yu.¹, PhD. Eng. Nedelcheva P.², Eng. Hasan Al-Dabas, Aspirant³
National Technical University of Ukraine "KPI" – Kiev, Ukraine^{1,3},
Technical University of Gabrovo, Bulgaria²

Abstract: The results of a research of the power characteristics of an eccentric drilling chuck which will allow the increase of the stability of the system "a chuck - a detail" of the metal-cutting machines by its use are submitted. For the purpose of the research, together with the creation of the engineering documents, in an environment of CAD system SolidWorks is created parametrical computer model of the chuck. The research of its characteristics is lead with the help of CosmosWorks - the specialized appendix to SolidWorks, which is intended for the solving of problems of the mechanics of a firm deformable body by the method of the finite elements.

KEYWORDS: ECCENTRIC DRILL-MILLING CHUCK, BASIC CHARACTERISTICS, SOLIDWORKS, COSMOSWORKS

1. Въведение

Ексцентриковите пробивно-фрезови патронници (ЕПФП) са предназначени за затягане на инструменти с цилиндрична опашка (свердра, зенкери, райбери, фрези и др.) с дясна и лява посока на въртене в зададен диапазон. Патронниците може да се установяват по вътрешен конус в ръчни, електрически и пневматични дрелки, пробивни, разстъргващи, фрезови, стругови, многоцелеви и други машини, фиг. 1. Конструкцията на патронника осигурява бърза смяна на инструмента, точност, дълговечност, а така също надеждно затягане на ръка или с ключ на принципа на самозадържане [1].



Фиг. 1. Общ вид на ЕПФП

Проектирането на ефективни затягащи механизми трябва да се основава на задълбочен анализ на основните характеристики на процеса на затягане. Недостатъчно е да се осигури само необходимата сила на затягане и якост на конструкцията, необходимо е да бъдат удовлетворени изискванията за точност, стабилност и т.н. на затягащия механизъм [2-5].

Целта на работата е да бъде разработен числен (компютърен) параметричен модел на ЕПФП, позволяващ симулиране процеса на затягане на инструмента, който ще даде възможност да бъдат изследвани основните характеристики на патронника при различно взаимодействие между елементите му и затяганият обект (най-често инструмент).

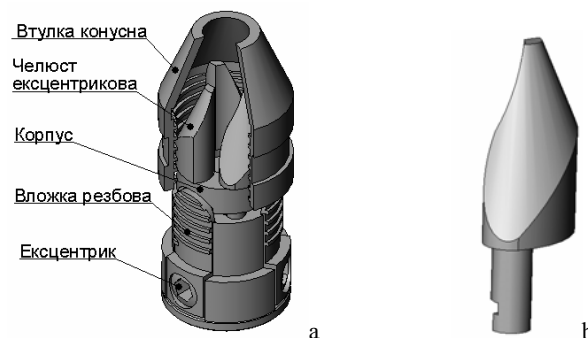
Моделирането и изследването на основните характеристики на ЕПФП ще позволи да бъде повишена стабилността на системата „затягащ патронник – инструмент“ (П - И) на металорежещите машини при неговото използване. По предварително установени конструктивни параметри на патронника и необходимите сили на затягане ще може да се

извършва проверка на основните му характеристики, която ще позволи да бъде намерено рационално конструктивно решение.

2. Модел на ексцентриковия патронник

2.1. Средства за решаване на поставените задачи

За целите на изследването, както и за създаване на работна техническа документация, в среда на CAD системата SolidWorks е създаден параметричен компютърен модел на разглеждания ЕПФП [6-8].



Фиг. 2. Модел на ЕПФП: а – общ вид; б – ексцентрикова челюст

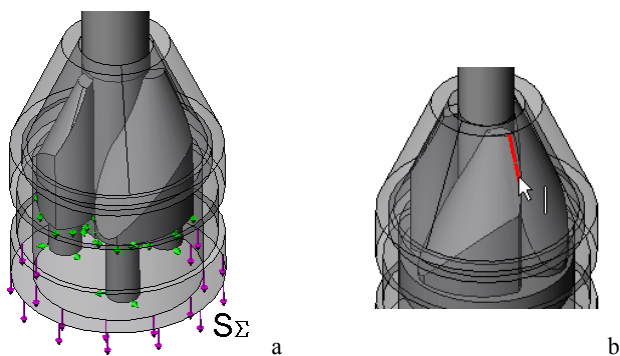
На фиг. 2, а е показан общият вид на конструкция, вариантното изпълнение на такъв патронник. В корпуса на патронника, успоредно на оста му са установени три ексцентрикови челюсти, с възможност за завъртане около цилиндричните им щифтове. Пръстеновидна пружина, която е разположена в канала на корпуса и засечките на щифтовете удържа челюстите (фиг. 2, б) в непрекъснат контакт по външната им конусна повърхнина с вътрешната конусна повърхнина на конусната втулка. Конусната втулката при завъртане се навива върху резбата на вложките и взаимодействайки с ексцентриковите челюсти ги завърта до предварително затягане на цилиндричната опашка на инструмента. Вторичен натег на системата се осъществява от ексцентриците, които при завъртането си с шестостенен ключ преместват осово вложките, а те от своя страна конусната втулка.

Разработен е числен (компютърен) параметричен модел на ЕПФП по метода на крайните елементи, позволяващ симулиране процеса на затягане на инструмента. Моделът е създаден в средата на CosmosWorks - специализирано приложение към SolidWorks, предназначено за решаване на задачи от механика на твърдото деформируемо тяло по метода на крайните елементи, като решаваната задача е от линейната статика.

С цел да бъде намалена размерността и повишена точността на решаваната по метода на крайните елементи задача, мрежата е изградена само в частта клиново-предавателно усилващо звено (конусна втулка - ексцентрикови челюсти) и затяган объект, а останалата част на патронника е заменена със съответните компенсиращи кинематични гранични условия (фиг. 3, а).

Анализът на коstrukцията показва, че такъв модел не противоречи на поставените за решаване задачи. Най-голямо влияние върху стабилността на характеристиките на патронника оказва разликата в наклона на конусните повърхнини на челюстите и втулката, т.е. ъгловата хлабина $\Delta\alpha = \alpha_{\text{ч}} - \alpha_{\text{вт}}$, където $\alpha_{\text{ч}}$ е ъглов размер на наклона на конусна повърхнина на челюстта, а $\alpha_{\text{вт}}$ е ъглов размер на наклона на вътрешната конусна повърхнина на втулката.

Контактът между челюстта и втулката при равни ъглови размери ($\alpha_{\text{ч}} = \alpha_{\text{вт}}$) е линеен - осъществява се по образувателни от конусните им повърхнини (фиг. 3, б). При ъглова хлабина между конусните повърхнини на челюстта и втулката контактът е точков и се осъществява в точка от образувателната при върха на челюстта, ако $\alpha_{\text{ч}} < \alpha_{\text{вт}}$, или в точка от образувателната при основата на челюстта, ако $\alpha_{\text{ч}} > \alpha_{\text{вт}}$.



Фиг. 3. Силови и кинематични гранични условия (а) и линеен контакт между челюстта и втулката (б)

Автоматично изградената мрежа от крайни елементи е в съответствие с поставените условия за контакт между конусните повърхнини на втулката и челюстите на ЕПФП и между затягащите челюсти и затягания объект, като е зададен коефициент на триене (сцепление) между тях 0,15 [4]. Усъществен е контрол на размера на крайните елементи, при което мрежата е съгласна с цел постигане на адекватност и точност на решението.

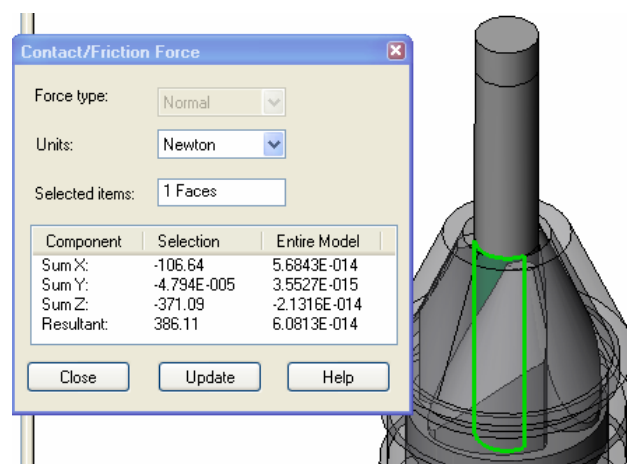
За тип на крайните елементи се използват 10-възлови обемни изопараметрични тетраедри. Материалните характеристики на крайните елементи, изграждащи модела на патронника са съответно: модул на еластичност $E = 2,1 \times 10^{11} \text{ Pa}$; модул на ъглова деформация $E_T = 0,79 \times 10^{11} \text{ Pa}$; коефициент на Пуасон $\mu = 0,28$; коефициент на кондуктивна топлопроводност $k = 50 \text{ W/(mK)}$; специфична топлемост $c = 460 \text{ J/(kgK)}$; коефициент на температурно разширение $\alpha_t = 1,3 \times 10^{-5} \text{ m/(mK)}$; плътност $\rho = 7700 \text{ kg/m}^3$.

2.2. Определяне на основните характеристики на ЕПФП

Силови характеристики

Основна силова характеристика е сумарната радиална сила на затягане $T_z = T \cdot z$, където z е брой челюсти, а T е радиалната сила създавана от една челюст. Радиалната сила на затягане T се определя, като контактна нормална сила, получаваща се при взаимодействие между ексцентриковата челюст и затягания

обект при прилагане на осова теглеща сила S_z към конусната втулка (фиг. 3, а). На приведения пример (фиг. 4) е определена радиалната сила на затягане, създавана от една челюст при осова теглеща сила $S_z = 500 \text{ N}$ и диаметър на затягания обект $d = 10 \text{ mm}$ - $T = 386 \text{ N}$.



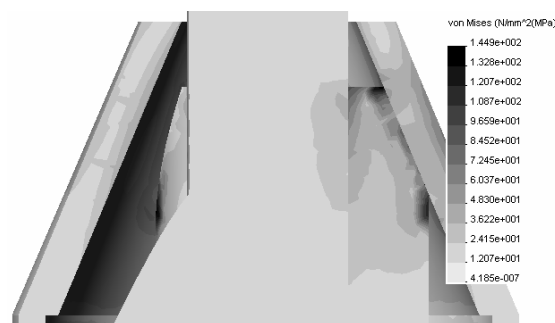
Фиг.4. Радиална сила на затягане създавана от една челюст

Основен показател при силовите характеристики на патронниците е коефициентът на усилване $K_y = T_z / S_z$, като за разглежданата конструкция $K_y = 2,32$.

Якостни характеристики

Най-големи контактни напрежения се получават в челюстите по направление на образувателните от конусните повърхнини, по които те се допира до вътрешната конусна повърхнина на втулката.

На фиг. 5 е показана диаграма на еквивалентните напрежения в патронника в случай, при който ъглите на конусните повърхнини на ексцентриковите челюсти и втулката са равни, приложена е осова теглеща сила $S_z = 500 \text{ N}$ и диаметърът на затягания обект е $d = 10 \text{ mm}$.



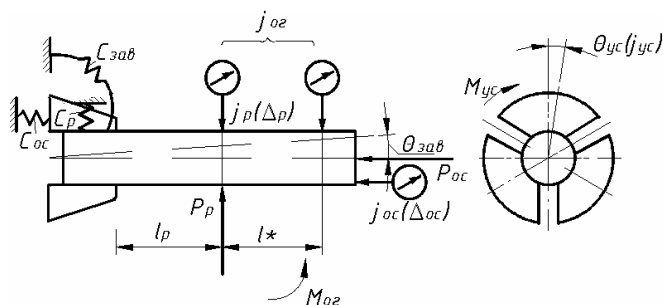
Фиг.5. Еквивалентни напрежения в ЕПФП - $\sigma_{\text{екв. max}} = 145 \text{ MPa}$

Оценката на напрегнатото състояние на детайлите в патронника се осъществява по четвърта якостна теория: $\sigma_{\text{екв. max}} \leq [\sigma]$.

Характеристики на стабилност на ЕПФП и системата П-И

За определяне характеристиките на стабилност на патронника (C_p - радиална, C_{oc} - осова, $C_{зав}$ - срещу завъртане), както и характеристиките за стабилността на системата П - И (j_p - радиална, j_{oc} - осова, $j_{ог}$ - на огъване, j_{yc} - на усукване), еластичните премествания (Δ_p - радиално; Δ_{oc} - осово; $\Delta_{зав}$ - ъгъл на завъртане на оста на затягания обект спрямо оста на вретеното от действието на натоварващ момент; θ_{yc} - ъгъл на усукване на затягания обект спрямо вретеното от действието на натоварващ момент) се измерват на определени разстояния от закрепването, съответстващи на реалните условия на обработка, т.е. съобразно разстоянието до приложната точка на

силите на рязане, както е показано на схемата на системата П – И (фиг. 6).

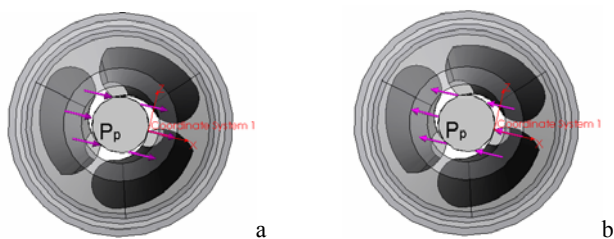


Фиг. 6. Схема за определяне характеристиките на стабилност на ЕПФП

С цел определяне, например, на радиалната стабилност на системата П – И ($j_p = P_p / \Delta p$) и нейното разсейване се моделират радиалните премествания - Δp на затягани дорници с различни диаметри, в място и по посока на прилагане на радиална сила P_p . При смяна посоката на действие на радиалната сила в противоположна се забелязва непостоянството на радиалната стабилност на системата. Това се обяснява с различните условия на взаимодействие между челюстите на патронника, конусната втулка и затягания обект, определящи неравномерността на радиалната стабилност на системата П - И по кръгова координата. По тази причина абсолютната стойност на радиалната стабилност на патронника j_p се определя, като средноаритметична стойност:

$$(1) \quad j_p = \frac{\sum_{i=1}^n P_p / \Delta p_i}{n},$$

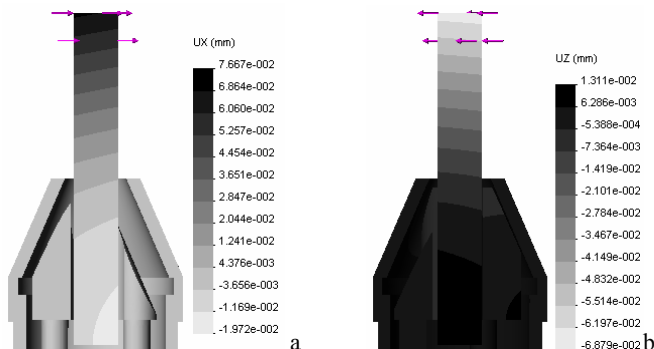
където Δp_i са радиални премествания на затягания обект под действие на прилагана радиална сила P_p в положителна и отрицателна посока на радиално ориентираните оси x (вж. съответно фиг. 7, а и б) и z на референтна координатна система, чиято равнината xOy минава през ротационната ос на патронника и оста на конусната повърхнина на една от ексцентриковите челюсти, а осите x и z са перпендикулярни на тези оси. За да се избегнат концентрациите на напрежения, радиалното натоварване се дефинира като разпределен товар по пръстен от околната повърхнина на затягания обект.



Фиг. 7. Радиална сила по направление на ос x - в положителна посока (а) и в отрицателна посока (б)

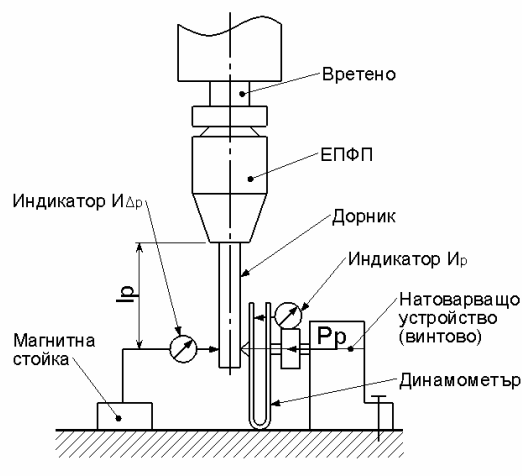
В качеството на пример, са определени радиалните премествания Δp_i на затягания обект в мястото на прилагане на радиална сила $P_p = 100 \text{ N}$ при радиална сила на затягане $T_\Sigma = 520 \text{ N}$, като посоката на действие на радиалната сила е в съответствие с разглежданите четири случая (на фиг. 8, а е показана диаграмата при посока на P_p , съвпадаща с положителната посока на ос x , а на фиг. 8, б – с отрицателната посока на z). На база получените резултати се изчислява радиалната стабилност на системата П - И по формула 1 – $j_p = 1650 \text{ N/mm}$.

По аналог на радиалната стабилност на системата може да бъдат моделирани и определени другите характеристики, определящи стабилността на ЕПФП.



Фиг. 8. Разпределение на преместванията под действие на радиална сила $P_p = 100 \text{ N}$ в посока: $+x$ (а); $-z$ (б)

Адекватността и точността на разработения компютърен модел на ЕПФП се потвърждават от проведен реален експеримент по приложената на фиг. 9, а схема за определяне радиалната стабилност на системата П - И. На фиг. 9, б е дадена експерименталната установка. Разликата в резултатите от проведените реален и числен експерименти е в границите на допустимата инженерна грешка.



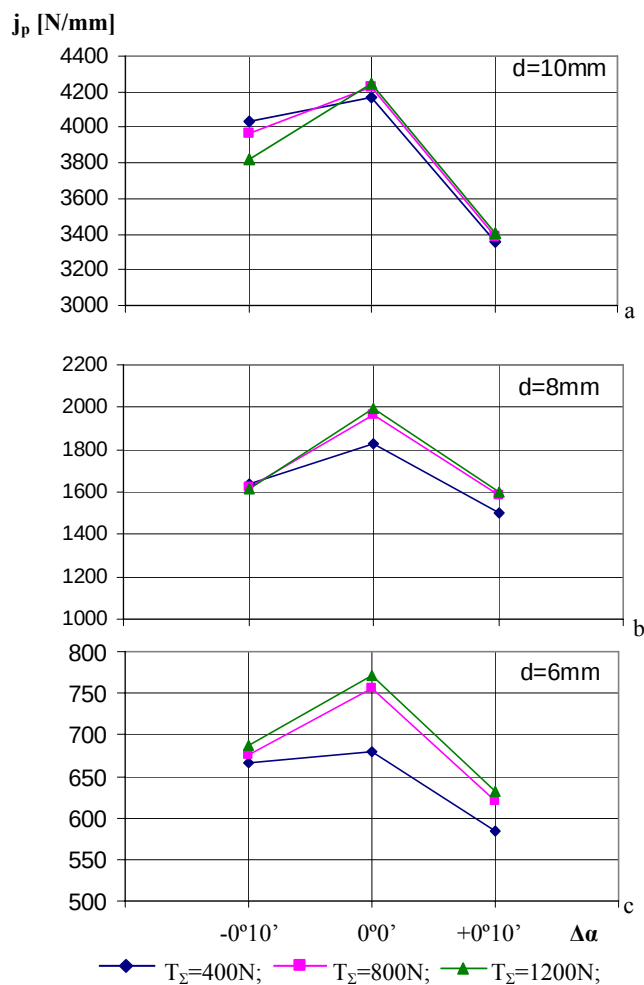
Фиг. 9. Определяне радиалната стабилност на системата П - И: а – схема; б – експериментална установка

3. Изследване радиалната стабилност на системата П - И

Изследвано е влиянието на силата на затягане T_Σ и разликата в наклона на конусните повърхнини на челюстите и втулката върху радиалната стабилност на системата П - И при различен диаметър на затягания обект, като е приложена описаната в т. 2.2 методика. В качеството на променливи са приети: силата на затягане $T_\Sigma = 400 \text{ N}$, $T_\Sigma = 800 \text{ N}$ и $T_\Sigma = 1200 \text{ N}$;

разликата на ъгловите размери на конусните повърхнини на челюстите и втулката съответно $\Delta\alpha = -0^\circ10'$, 0° и $0^\circ10'$; диаметърът на затягания обект $d = 6\text{ mm}$, 8 mm и 10 mm .

Резултатите от числения експеримент са обобщени и представени в графичен вид на фиг. 10.



Фиг. 10. Изменение на радиалната стабилност на системата П-И в зависимост от ъгловата хлабина $\Delta\alpha$ при диаметър на опашката на инструмента d , равен на 10 mm (а), 8 mm (б), 6 mm (с) и различна сила на затягане T_z

Основните изводи, които може да бъдат направени въз основа на проведените изследвания на радиалната стабилност на системата П - И са следните:

- Ъгловата хлабина при върха на ексцентриковите челюсти ($\Delta\alpha > 0^\circ$) в по-голяма степен намалява радиалната стабилност на системата, отколкото хлабината при основата на челюстите ($\Delta\alpha < 0^\circ$).
- Повишаване силата на затягане води до повишаване на радиалната стабилност на системата, с изключение на случаите, при които са на лице голяма ъглова хлабина при основата на челюстите и големи диаметри на затяганите обекти – тогава има намаляване на радиалната стабилност на системата.

4. Заключение

Разработеният параметричен крайноелементен модел на разглежданата конструкция ЕПФП позволява сравнително изследване на основните характеристики и оптимизиране на геометрията с цел тяхното стабилизиране.

Анализът на конструкцията - определянето на основните характеристики на ЕПФП при различно взаимодействие между елементите му и затягания обект, както и възможността за решаване на оптимизационни задачи ще позволи обосновано да бъде избрана конструкция, която най-точно да съответства на изискванията от проектно задание, както и да бъде повишена стабилността на системата П - И на металорежещите машини при използване на ЕПФП от този тип.

Резултатите от изследването на силовите характеристики и радиалната стабилност на ексцентриковия пробивно-фрезов патронник позволяват обосновано да бъдат определени допуските на ъгловите размери на контактуващите конусни повърхнини при създаване на работна техническа документация.

Разработеният параметричен компютърен модел на ЕПФП и моделираните и изследвани основни характеристики с използване на метода на крайните елементи ще позволи да бъде повишена стабилността на системата „патронник – затяган обект“ на металорежещите машини при неговото използване при високи честоти на въртене.

Разработеният параметричен компютърен модел на ЕПФП в среда на CAD системата SolidWorks е напълно асоцииран със създадената въз основа на него работна техническа документация. Промените в модела автоматично рефлектират в чертежите и обратно – всички промени в чертежите автоматично се отразяват в модела. Той се явява предпоставка за създаване на система за автоматизирано проектиране на ЕПФП.

5. Литература

1. Патент України No28198. Затискний патрон. МПК B23B 31/02, 31/04, 31/12, 31/20 (автори Кузнецов Ю.М., Вайсман В.Г.)
2. Одрин В.М., Картавов С.С. Морфологический анализ систем. – К.: Наукова думка, 1977. – 148 с.
3. Кузнецов Ю.М. Теория розв'язання творчих задач. – К.: ТОВ "ЗМОК" – ПП "ГНОЗИС", 2003. – 345 с.
4. Кузнецов Ю.Н., Вачев А.А., Сяров С.П., Цървенков А.Й. Самонастрайвающиеся зажимные механизмы: Справочник. – К.: Техника, 1988. 222 с.
5. Кузнецов Ю.Н. Принципы создания технологической оснастки для высокоскоростной и прецизионной обработки на металлорежущих станках. Доклад на юбилейна научна конференция, Пловдив, 10.11.2006 г.
6. SolidWorks – Основен курс. ТехноЛогика ЕООД, София, ISBN 954-9334-04-X, 2004. – 382 с.
7. Григоров Б. SolidWorks 2005. Практическо ръководство. София: Издателство АДСИС, ISBN 954-91520-2-2, 2005. – 355 с.
8. Дэвид Мюрпей. SolidWorks. Второе издание. Москва: Издательство ЛОРИ, ISBN 5-85582-197-8, 2003. – 604 с.