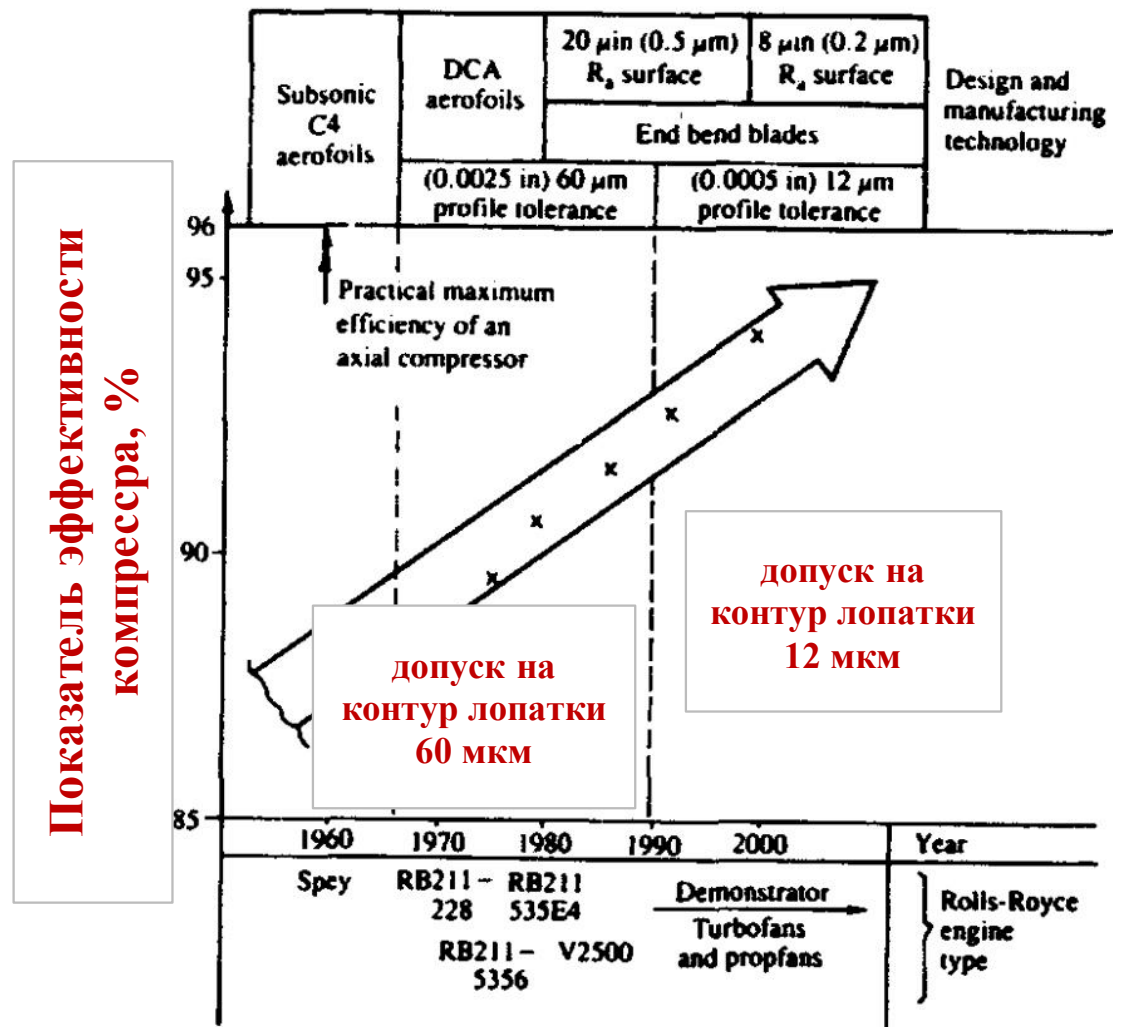


Перспективы повышения точности прецизионных многокоординатных машин с ЧПУ методами цифровой коррекции

Серков Н. А., в.н.с., д.т.н., ИМАШ РАН

Точность – эффективность рабочего процесса (2)

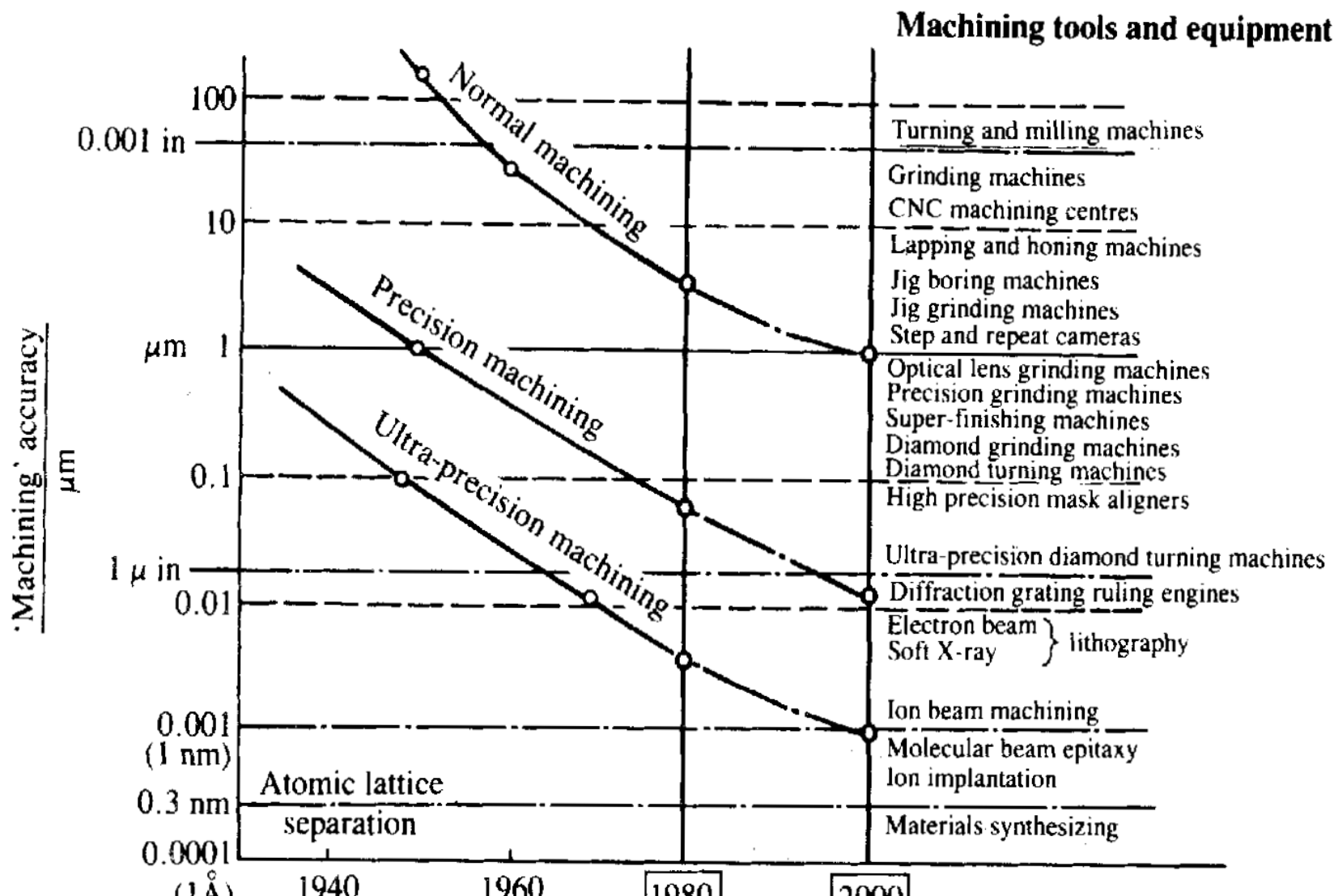
1. Точность - неотъемлемое свойство машины
2. Понятие точности является основополагающим в метрологии.



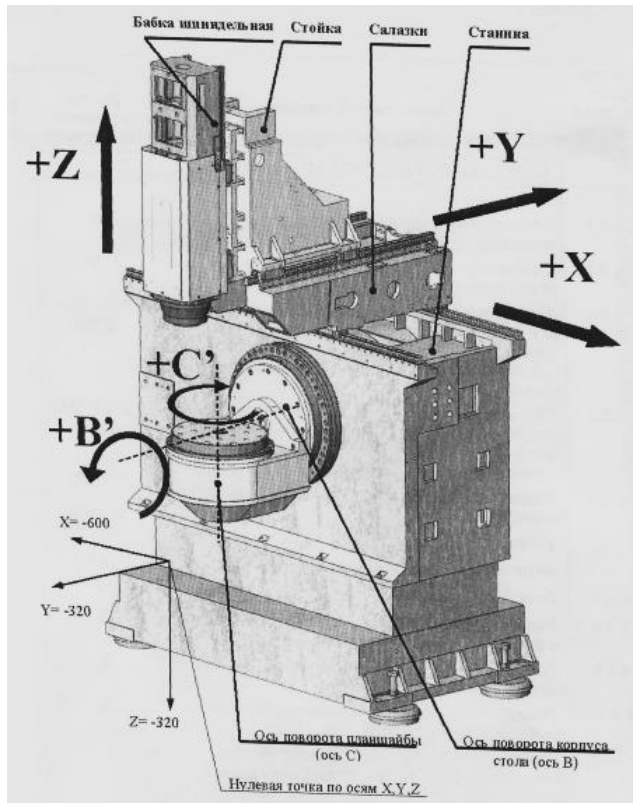
Improvement in compressor efficiency with higher precision aerofoil profile [courtesy Rolls-Royce Limited]

Прогноз изменения точности обработки, сделанный в 1980-е годы

P A McKEOWN

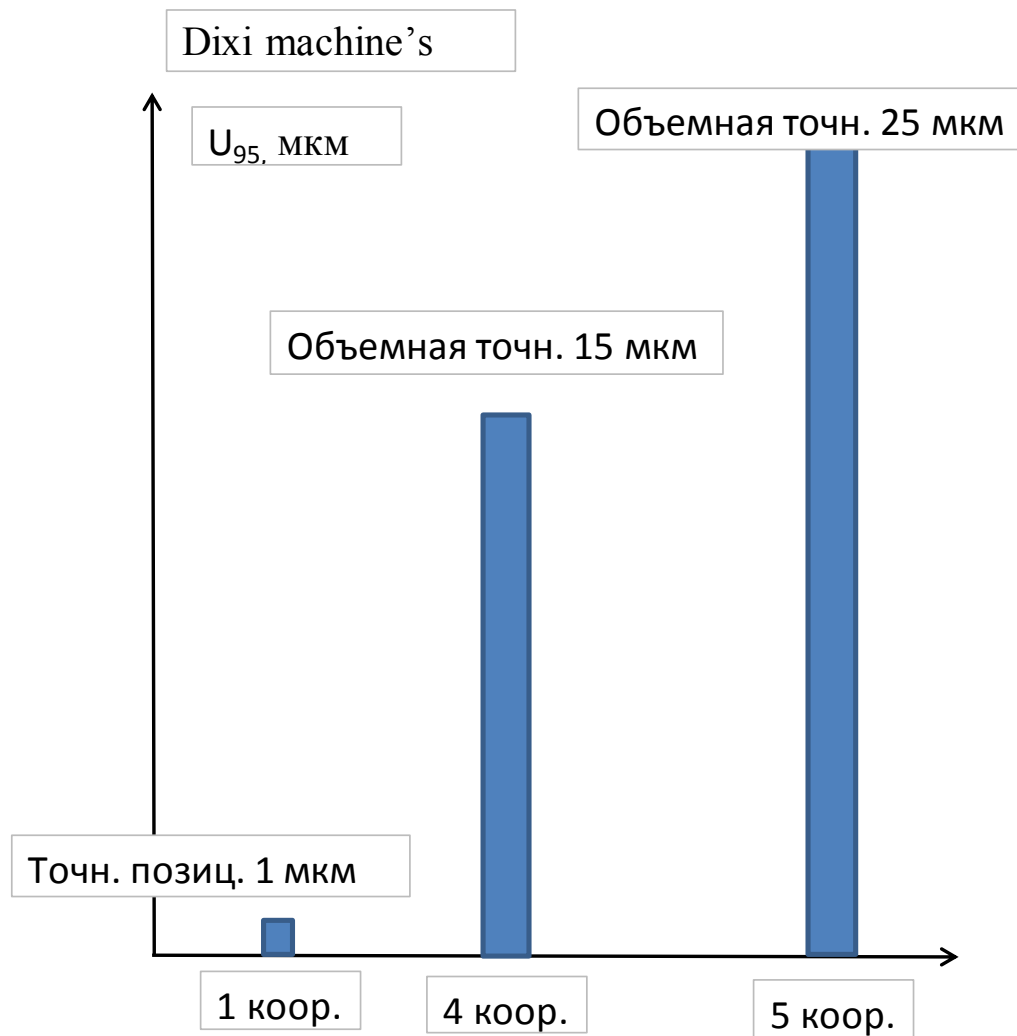


Многокоординатные машины с ЧПУ⁽⁴⁾



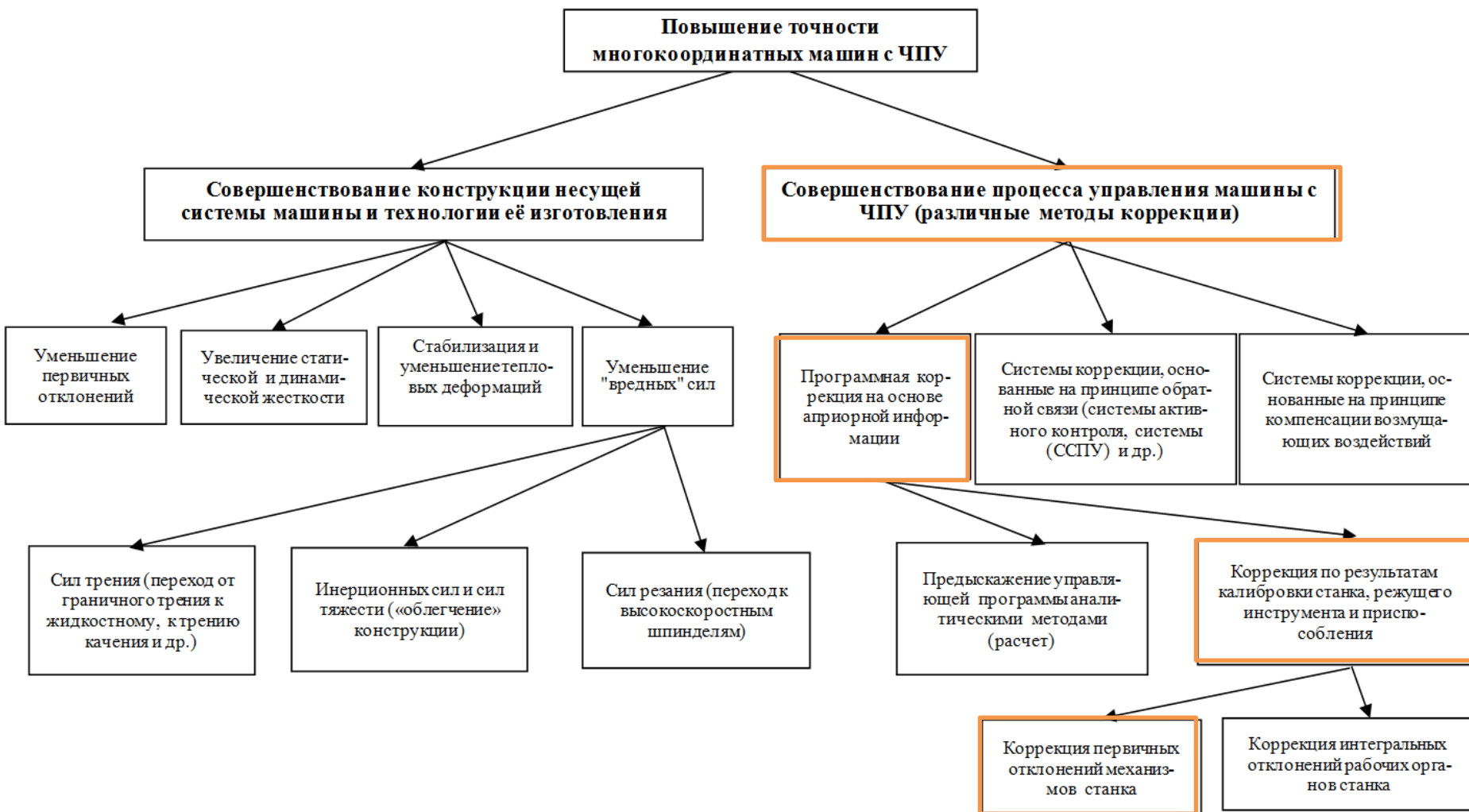
Многокоординатная машина с ЧПУ – это совокупность механизмов, осуществляющих движение ИО по заданной траектории через движения по отдельным управляемым координатам, взаимосвязь которых осуществляется процессом интерполирования в системе ЧПУ.

Проблема точности (5) многокоординатных машин с ЧПУ



**Первичные отклонения
маленькие, а интегральные
отклонения большие.**

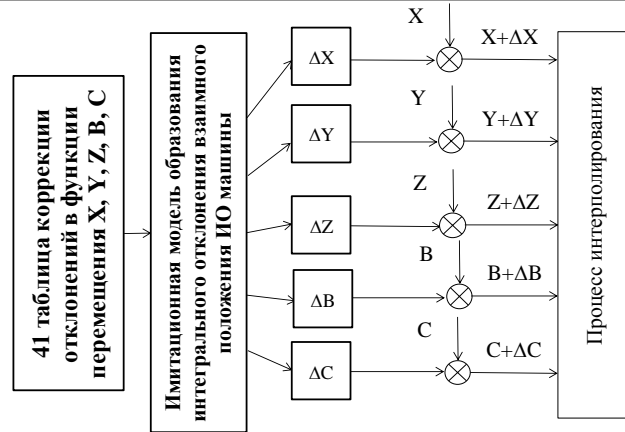
Направления повышения точности многокоординатной машины (станка) с ЧПУ



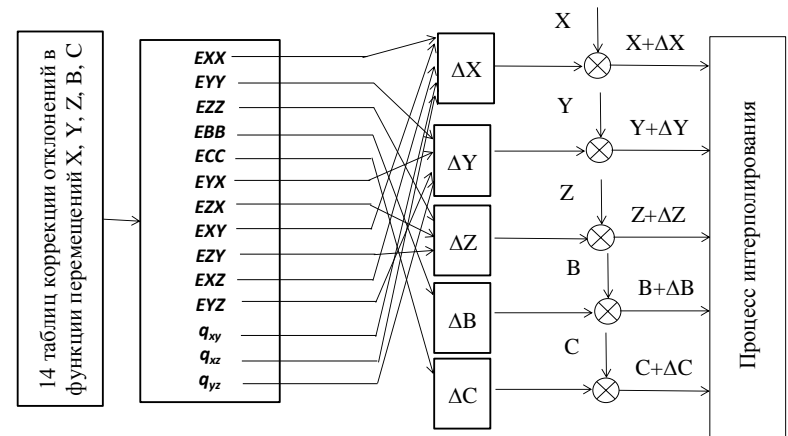
МЕТОДЫ КАЛИБРОВКИ МНОГОКООРИНАТНЫХ МАШИН С ЧПУ

(7)

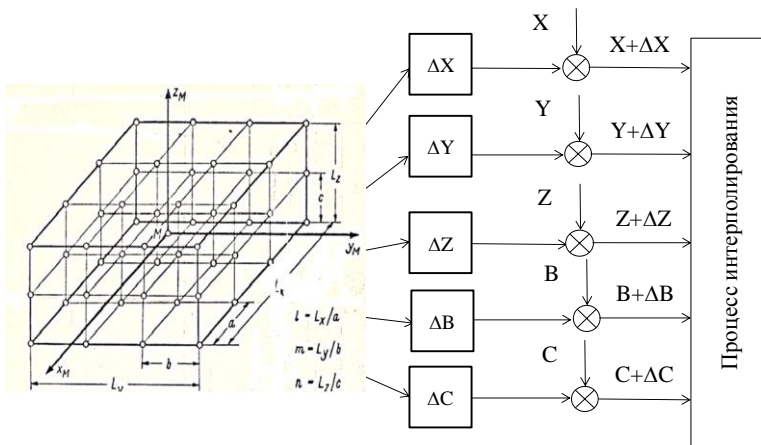
**Полная коррекция всех первичных отклонений (41)
(имитационная модель)**



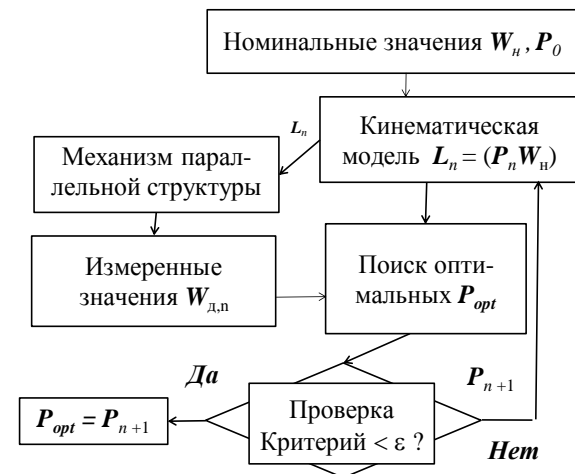
**Коррекция первичных отклонений (14 из 41)
квазипараллельными процессами**



Коррекция по измеренным интегральным отклонениям

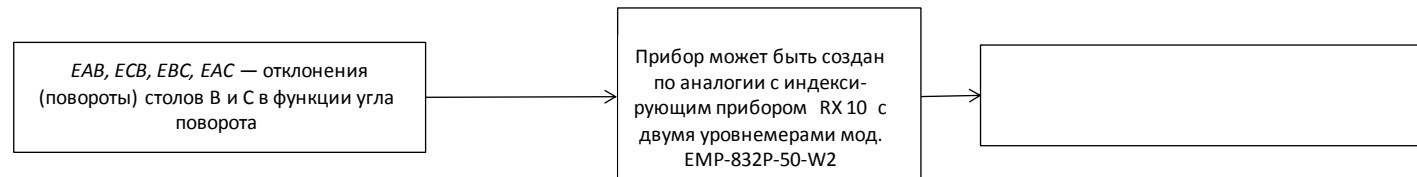
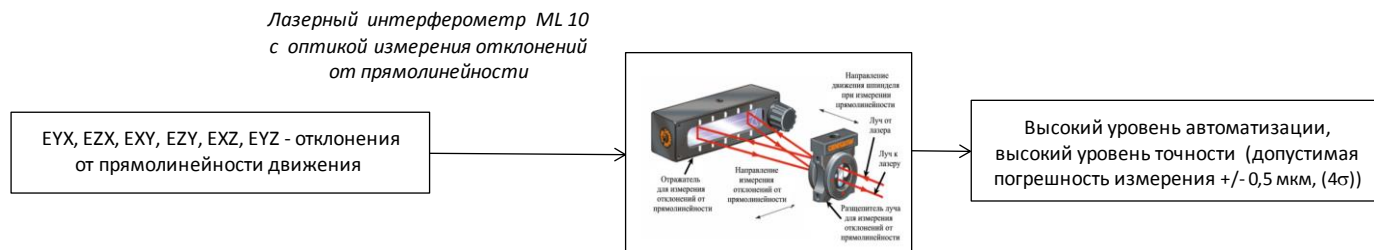
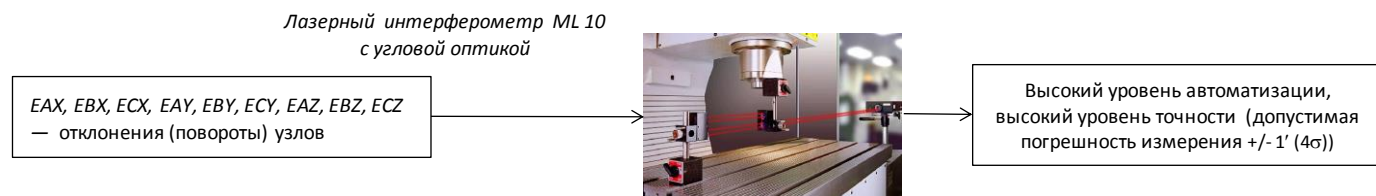
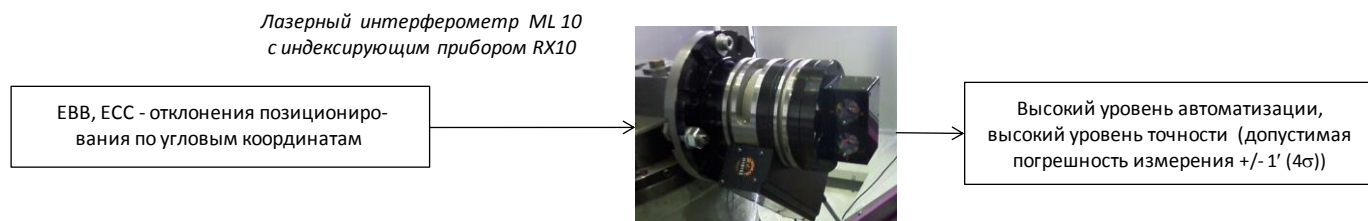
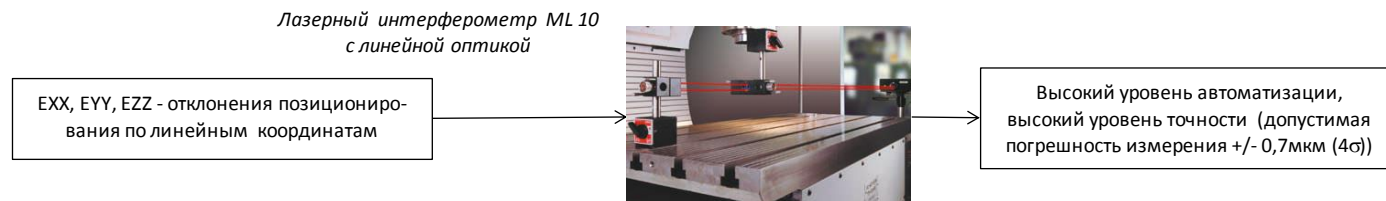


Коррекция параметров кинематической модели



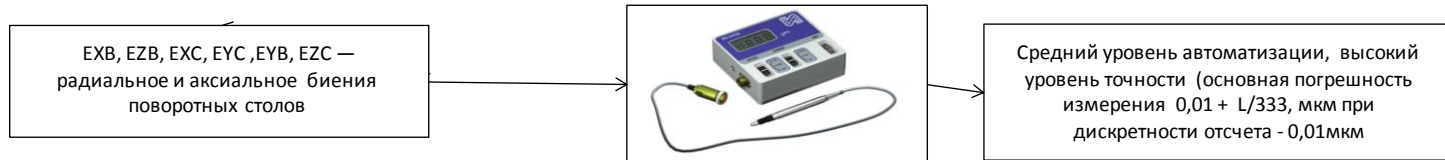
Средства измерения первичных отклонений механизмов многокоординатных машин с ЧПУ.

(8)

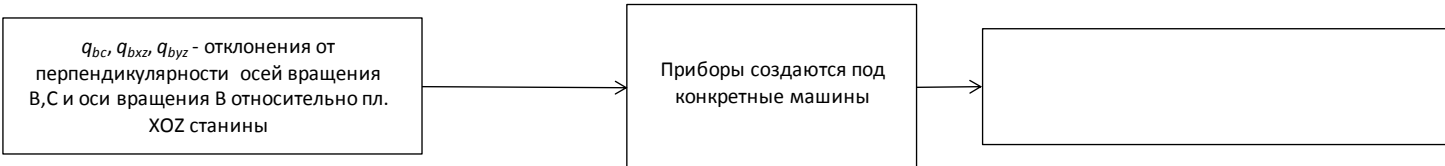
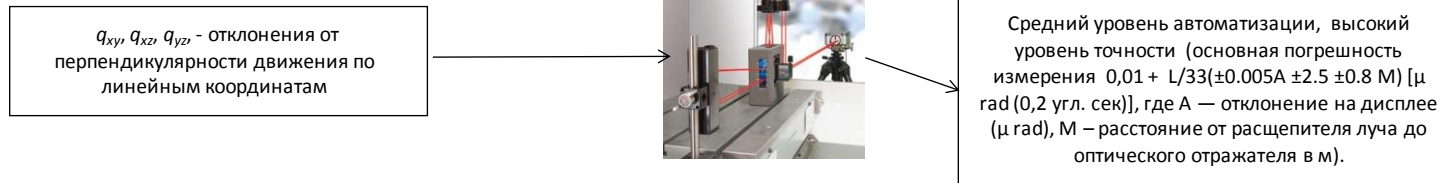


Средства измерения первичных отклонений механизмов многокоординатных машин с ЧПУ (продолжение таблицы)

Система измерительная портативная
с индуктивным преобразователем БВ-



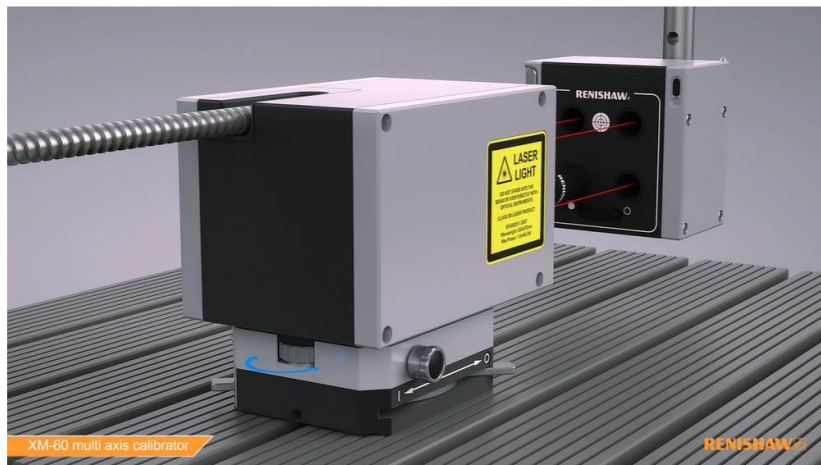
Лазерный интерферометр ML 10
с оптикой измерения отклонений
от перпендикулярности



Измерительное устройство
ИМАШ РАН - ОАО "НИАТ"



Средства одновременного измерения отклонений по 5-6 координатам «микронного уровня»



Многоосевой калибратор XM-60 и XM-600,
Renishaw, Англия

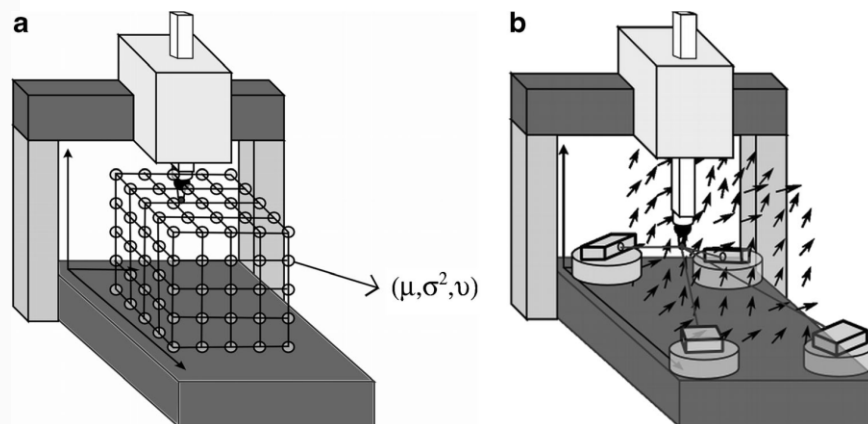


Система измерительная XD
Laser
Automated Precision Inc, США

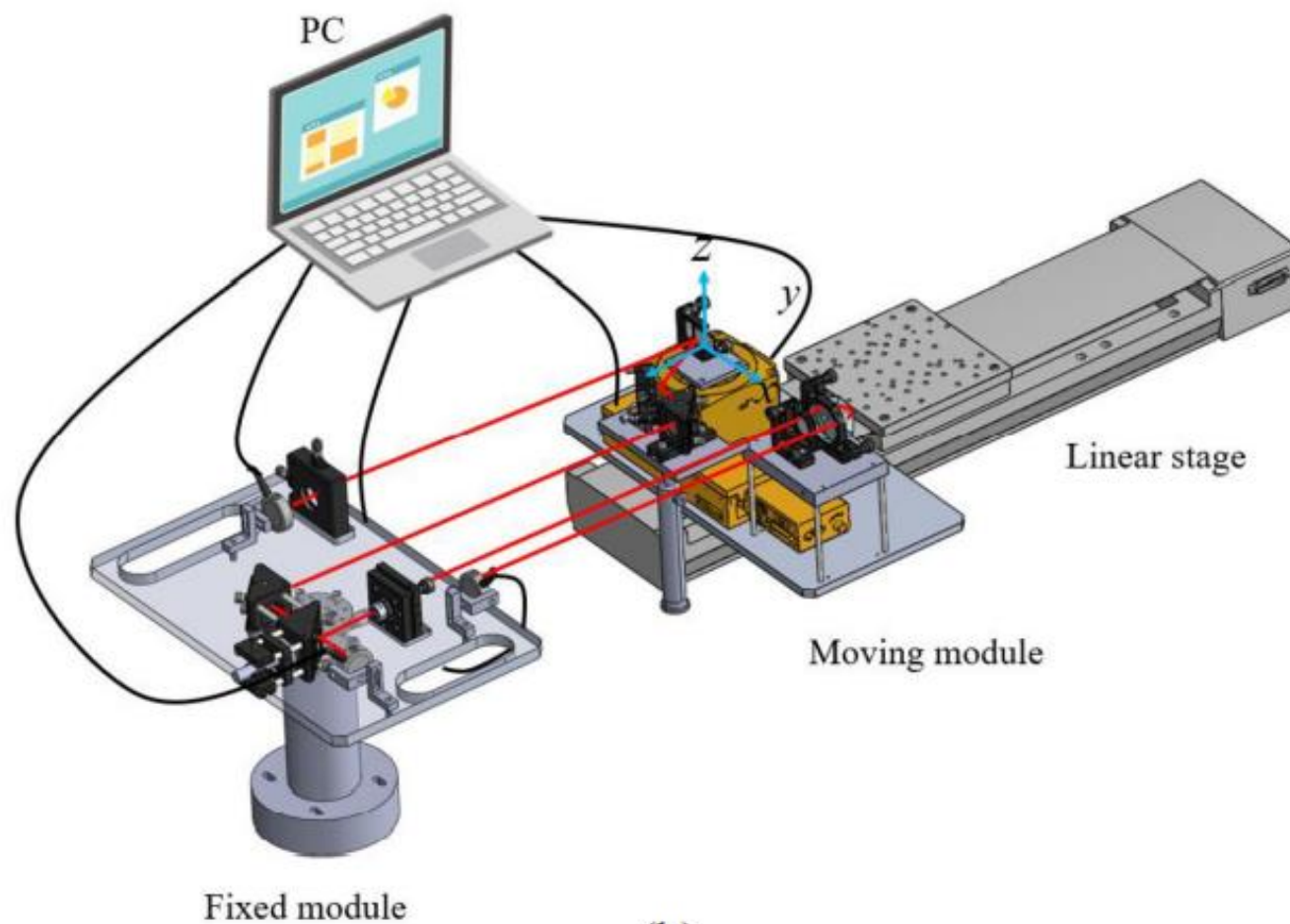
SIOS Meßtechnik GmbH,
Германия



Поле отклонений $d_i \{x_i, y_i, z_i\}$ («облако»),
прибор ф. Etalon



Лабораторный стенд 6-DOF (Тайвань, КНР)



Лабораторный стенд 6-DOF измерительной системы на станке мод. CH-VMC850 (Тайвань, КНР)

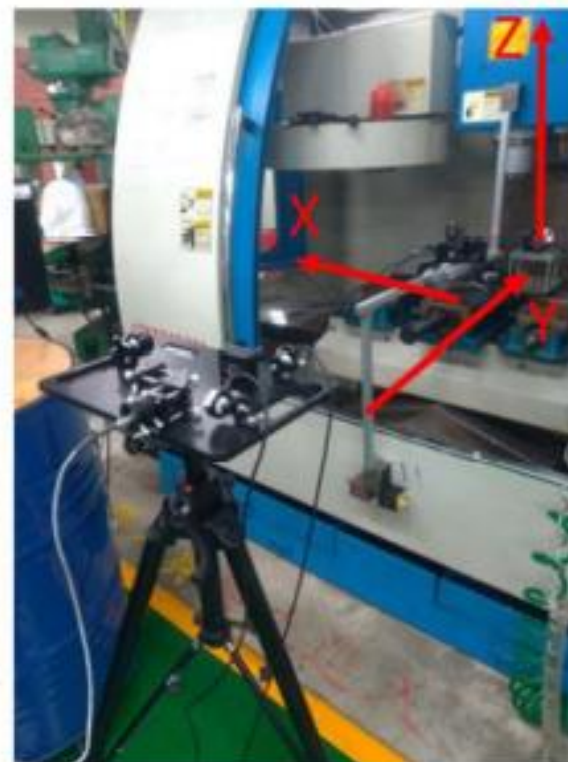


Схема потоков данных при изготовлении деталей с «расширенной» системой ЧПУ

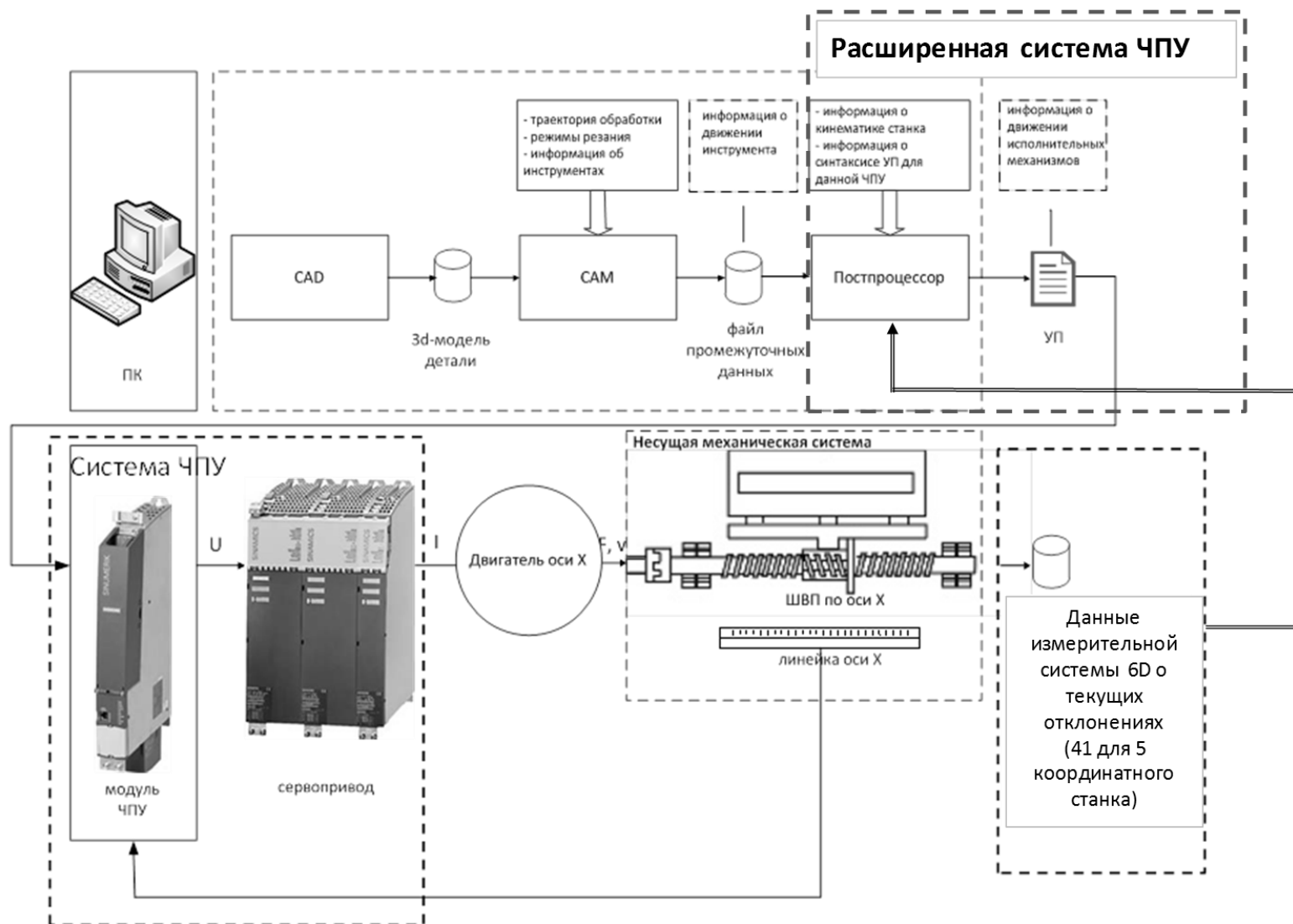
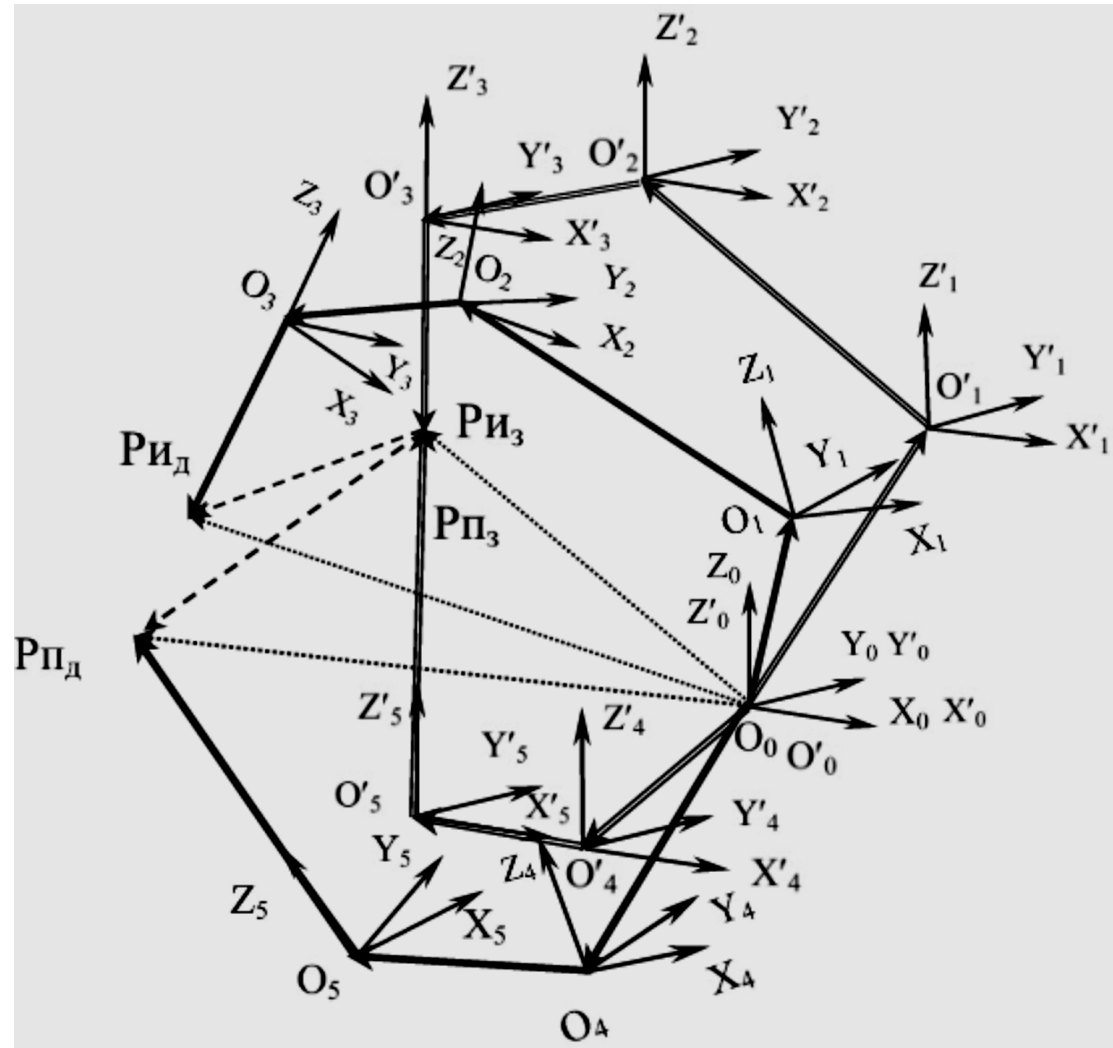
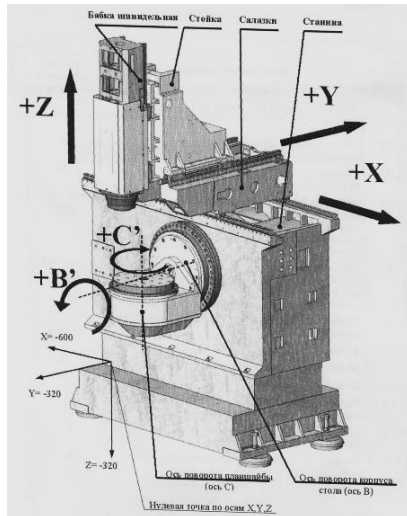


Схема перехода из системы координат станины в систему координат шпиндельной бабки и в систему координат планшайбы



Математическая модель образования интегрального отклонения для многокоординатной машины с ЧПУ

$$\begin{aligned}\overline{\delta_\Sigma} &= \overline{\delta_{\Sigma 1}} - \overline{\delta_{\Sigma 2}} = \\ &= (A_{0,3} - A'_{0,3}) \overline{O'_3 P_{и_3}} - (A_{0,5} - A'_{0,5}) \overline{O'_5 P_{п_3}}\end{aligned}\quad (1)$$

Векторное уравнение (1) есть модель (матричного типа) образования линейного интегрального отклонения взаимного положения исполнительных органов многокоординатного станка.

Компоненты вектора $\overline{\delta_\Sigma} = (\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$, являются линейными корректирующими поправками, которые должны вноситься в траекторию движения шпинделя относительно стола станка.

Интегральные угловые отклонения шпинделя относительно стола станка описываются простыми алгебраическими уравнениями.

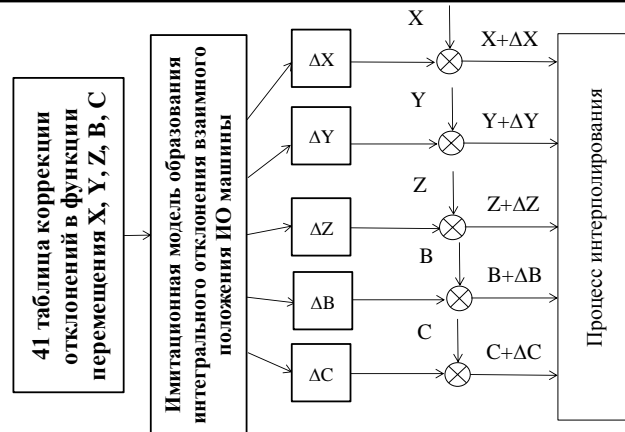
$$\Delta A = \alpha_{x\Sigma} = \alpha_{x\Sigma} I + \alpha_{x\Sigma} II,$$

$$\Delta B = \alpha_{y\Sigma} = \alpha_{y\Sigma} I + \alpha_{y\Sigma} II,$$

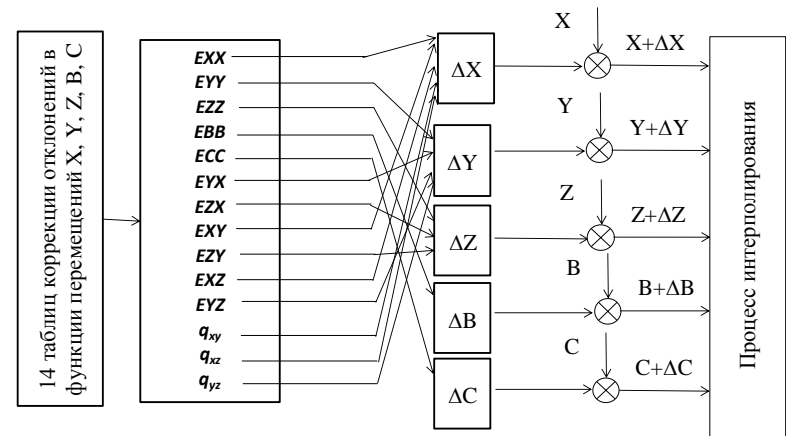
$$\Delta C = \alpha_{z\Sigma} = \alpha_{z\Sigma} I + \alpha_{z\Sigma} II.$$

МЕТОДЫ КАЛИБРОВКИ МНОГООКООРДИНАТНЫХ МАШИН С ЧПУ (17)

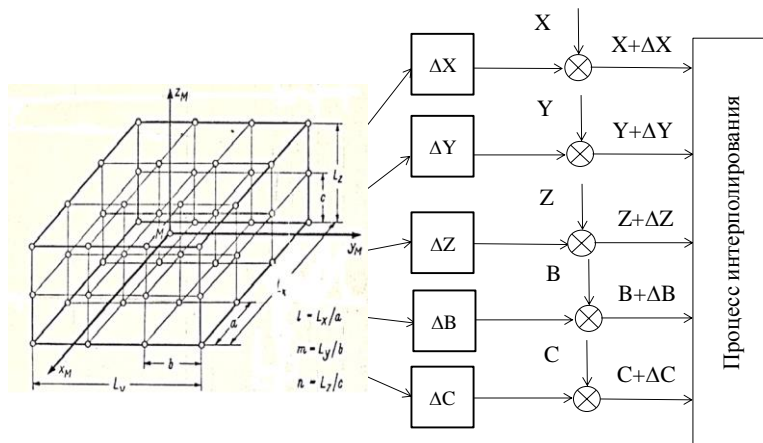
Полная коррекция всех первичных отклонений (41) (имитационная модель)



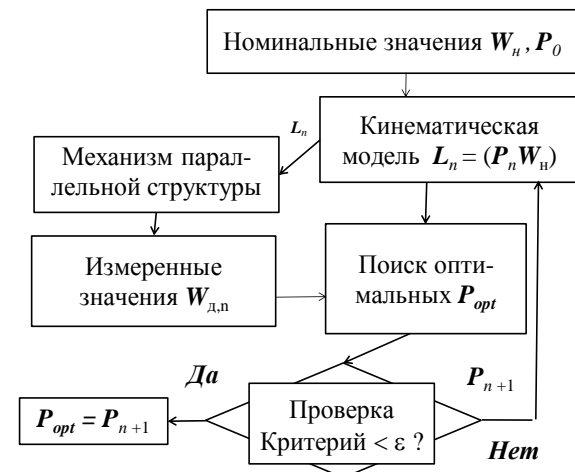
Коррекция первичных отклонений (14 из 41) квазипараллельными процессами



Коррекция по измеренным интегральным отклонениям



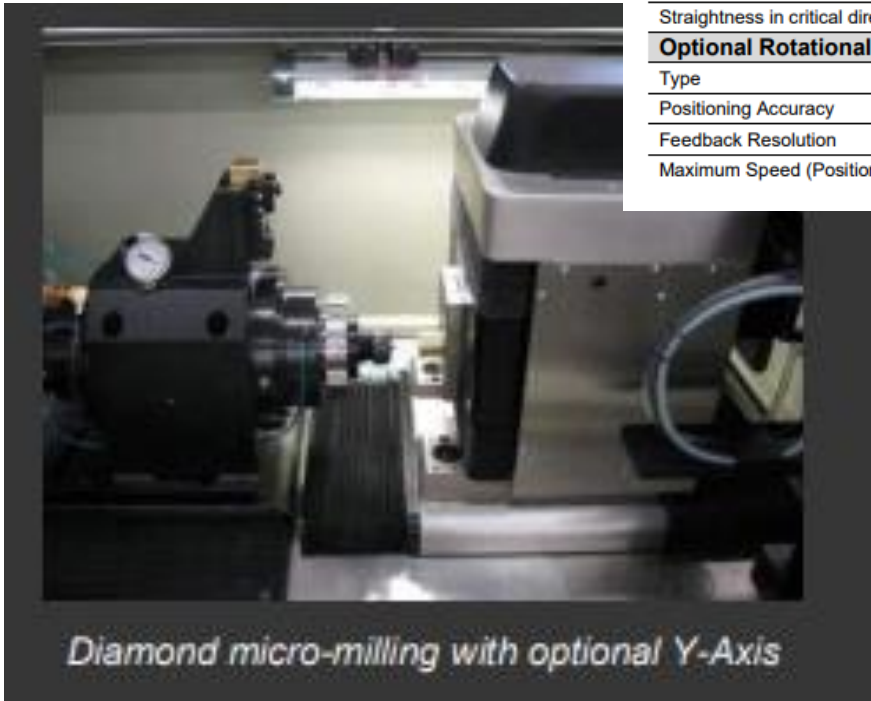
Коррекция параметров кинематической модели



Moore Nanotechnology Systems, LLC (CША) (18)

250 UPL^{v2} Specifications Overview

General	Description		
Machining Methods	2 - 4 Axis Diamond Turning, 3-Axis Slow Slide Servo Machining, Tool Normal Machining, Fast Tool Servo Machining, Plano Flycutting. The following methods require addition of optional vertical removable Y-Axis: Diamond Ruling, Micro-Milling and Raster Flycutting		
Programming Resolution	0.01 nanometer linear / 0.0000001° rotary		
Functional Performance	Material - High purity aluminum alloy. Both accuracies measured on <u>same</u> part. Form Accuracy (P-V): ≤ 0.1μm / 75mm diameter 250mm convex sphere Surface Finish (Ra): ≤ 2.0 nanometers		
Workholding Spindle	Heavy Duty Impact Resistant Porous Graphite Air Bearing (Standard)		
Speed Range	50 to 10,000 rpm, bi-directional		
Radial Working Load Capacity	85 Kg @ 7bar (185 lbs @ 100psi) / 102 Kg @ 10bar (225 lbs @ 145psi) @ spindle nose		
Motion Accuracy	Axial: ≤ 12.5 nanometers (0.5μ") Radial: ≤ 12.5 nanometers (0.5μ")		
Linear Axes	X	Z	Y (Optional Vertical)
Travel	200mm (8")	200mm (8")	100mm
Feedback Resolution	8 picometer (0.008 nm)	8 picometer (0.008 nm)	8 picometer (0.008 nm)
Straightness in critical direction	0.2μm (8μ") over full travel	0.2μm (8μ") over full travel	0.2μm (8μ") over full travel
Optional Rotational Axes	B	C (Work Spindle)	
Type	Air Bearing	Heavy Duty Porous Graphite Air Bearing	
Positioning Accuracy	± 1.0 arc seconds (compensated)	± 1.0 arc seconds (compensated)	
Feedback Resolution	0.005 arc seconds	0.01 arc seconds	
Maximum Speed (Positioning Mode)	50 rpm	3,000 rpm	



Благодарю за внимание !