

МЕТОДИКА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НЕПРАВОЛИНЕЙНОСТТА НА РАДИАЛНОТО ДВИЖЕНИЕ НА СУПОРТА НА КАРУСЕЛЕН СТРУГ И НА НЕПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТТА НА ТОВА ДВИЖЕНИЕ СПРЯМО ОСТА НА ВЪРТЕНЕ НА ПЛАН-ШАЙБАТА

Христо Радев¹⁾, Ивайло Благов²⁾, Милко Джамбазов³⁾

¹⁾ ТУ – София, e-mail: hradev@tu-sofia.bg

²⁾ ТУ – София, e-mail: blagov@tu-sofia.bg

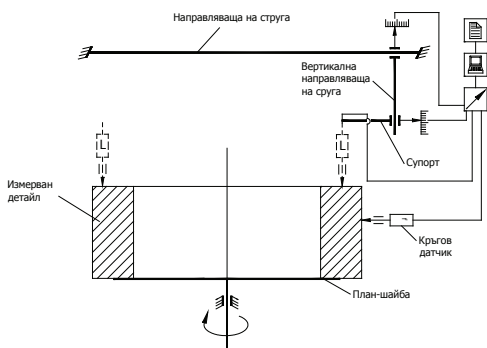
³⁾ ТУ – София, e-mail: milkodjambazov@gmail.com

Резюме: Разгледани са методики за определяне на отклонението от праволинейно радиално движение на супорта на каруселен струг и перпендикулярността на това движение спрямо оста на въртене на план-шайбата. Методиката е апробирана в реални заводски условия.

Ключови думи: праволинейност, перпендикулярност, каруселен струг.

1. Въведение

При измерване на отклонението от равнинност на голямогабаритни ротационни детайли тип „пръстен“ се използва измервателна система, чиито основен функционален възел е каруселен струг [1]. Измерването се извършва непосредствено на струга при установяването на детайла на неговата план-шайба (фиг. 1).



Фиг. 1. Схема на измерване, реализирана на базата на каруселен струг

Основен източник на неопределеност на измерването е отклонението от праволинейност (EFL) на хоризонталното движение на супорта и отклонението от перпендикулярност (EPR) на това движение спрямо оста на въртене на детайла (план-шайбата). Тези отклонения могат да бъдат

определени предварително при изследване на геометричната точност на струга, а за предизвиканите от тях грешки при измерване на отклонението от равнинност се внасят съответните поправки [2]. Методиката за определяне на тези параметри на геометрична точност на каруселен струг е обект на настоящата работа.

2. Описание на методиката

На план-шайбата на струга се установява диаметрално проверочна линия (фиг. 2).

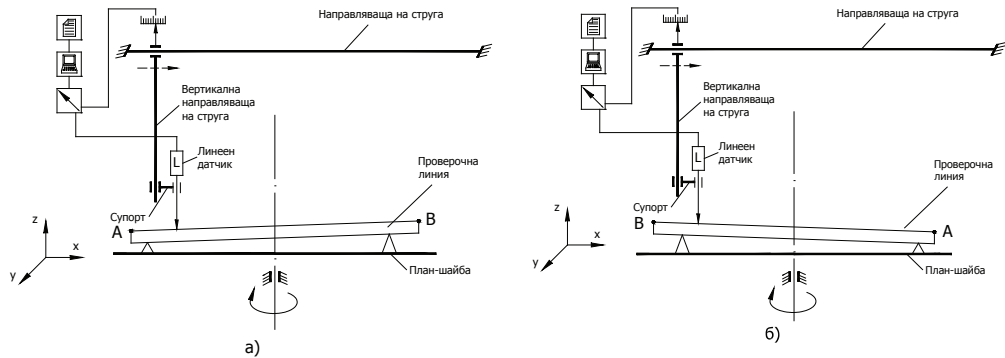
В общ случай измервателните повърхнини на проверочна линия не лежат в равнина, перпендикулярна на оста на въртене.

Към нождодръжача на супорта се закрепва ИГ (или датчик за линейно преместване) свързан със съответен отчитащ уред.

При радиалното преместване на супорта с помощта на ИГ се определят координатите Z'_i и Z''_i на i -те точки от профила на проверочната линия, получени на разстояние R_i от оста на въртене, съответно преди и след завъртане на план-шайбата на 180° , в равнината XOZ на координатната система XYZ , $i=1-n$. Оста Z съвпада с оста на въртене на план-шайбата.

Приема се, че проверочната линия има пренебрежимо малко отклонение от праволинейност на профила в измерваните точки. В противен случай в стойностите на Z'_i и Z''_i се нанасят поправки

Разработката е реализирана с финансовата подкрепа на МОН (дог. № ДФНИ Т02/9 “Изследване и разработване на нови методи и технологии за измерване на геометрични параметри на голямогабаритни детайли и съоръжения”)



Фиг. 2. Измерване на отклонението от праволинейност на движението на супорт с помощта на линия-проверочна;
 а) преди завъртането на план-шайбата на 180°; б) след завъртането на план-шайбата на 180°

за отклонението от праволинейност на профила на линията, установени при нейното калибриране.

При отсъствие на отклонение от праволинейност на траекторията на осезателя на ИГ и на отклонение от перпендикулярност на тази траектория спрямо оста на въртене, координатите Z_i на измерваните точки от профила ще лежат на една права N , перпендикулярна на оста на въртене (фиг. 3^а), (респективно успоредно на оста X).

$$Z_i = \frac{Z'_i + Z''_i}{2} \quad (1)$$

При наличие на отклонение от праволинейност $\Delta_{непр-i}$ на траекторията на осезателя и отклонение от перпендикулярност $\Delta\alpha_i$ спрямо оста на въртене, координатите Z'_i и Z''_i придобиват нови стойности.

$$Z'_{i,0} = Z'_i + \Delta_{непр-i} + \Delta\alpha_i \quad (2)$$

$$Z''_{i,0} = Z''_i + \Delta_{непр-i} + \Delta\alpha_i, \quad (3)$$

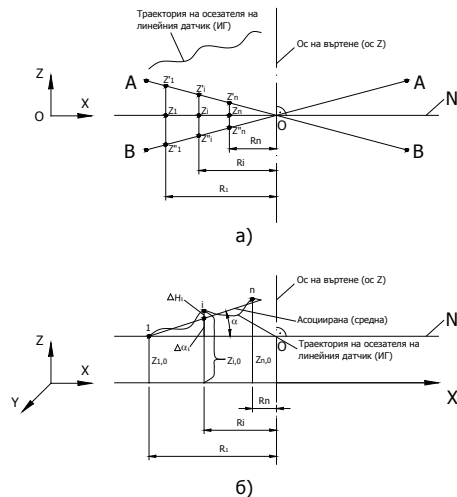
където $\Delta_{непр-i}$ е отклонение от праволинейност на траекторията на осезателя на ИГ, в измерваната точка i , определена спрямо асоциирана, например средна права.

$\Delta\alpha_i$ – отклонение от перпендикулярност на траекторията в измерваната точка i (виж фиг. 3^б).

$$\Delta\alpha_i = \frac{\Delta\alpha_n - \Delta\alpha_1}{R_1 - R_n} (R_1 - R_i) \quad (4)$$

тогава

$$Z_{i,0} = \frac{Z'_i + Z''_i + 2\Delta_{непр-i} + 2\Delta\alpha_i}{2} \quad (5)$$



Фиг. 3. Определяне на отклонението от праволинейност и перпендикулярност на траекторията на движение на осезателя на датчика (ИГ); а) определяне на траекторията на осезателя на линейния датчик (ИГ); б) определяне на отклонението от праволинейност и перпендикулярност.

$$\begin{aligned} Z_{i,0} &= \frac{Z'_{i,0} + Z''_{i,0}}{2} = \\ &= \frac{Z'_i + Z''_i + 2\Delta_{непр-i} + 2\Delta\alpha_i}{2} = \\ &= Z_i + \Delta_{непр-i} + \Delta\alpha_i \end{aligned} \quad (6)$$

По стойностите на $Z_{i,0}$ се строи крива в равнина XOZ (виж фиг. 3⁶).

Спрямо тази крива се прекарва средна права и се определя отклонението от неправолинейност спрямо нея.

Отклонението от перпендикулярност (като отклонение на асоциирана средна права) на траекторията на осезателя на ИГ се определя от израза:

$$\Delta\alpha_i = \frac{(Z_{n,0} - Z_{1,0})(R_i - R_1)}{R_n - R_1} \quad (7)$$

$$\alpha = \arctg \frac{Z_{n,0} - Z_{1,0}}{R_n - R_1} \quad (8)$$

При измерване на отклонението равнинност за стойностите на $\Delta_{непр-i}$ и $\Delta\alpha_i$ се въвеждат съответни поправки. Неопределеностите на тези поправки влизат в бюджета на неопределеността $u(\Delta_{непр-i})$ и $u(\Delta\alpha_i)$, като освен факторите разглеждани по-горе се отчита и неопределеността на отклонението от неправолинейност на профила на линията, установено при нейното калибриране.

3. Аprobация на методиката в реални условия

По описаната по-горе методика са определени отклоненията от праволинейност на траекторията на движение на супорта и отклонението от перпендикулярност на това движение спрямо оста на въртене на план-шайбата на каруселен струг (модел 1 Л 532 - страна – производител РФ) на АЕЦ Козлодуй (фиг. 4).



Фиг. 4. Аprobация на методиката в реални условия

При измерването като еталон за праволинейност се използва проверочна линия с дължина 2,5 m 2 кл. на точност, инкрементален линеен датчик HEIDENHAIN ST1288, и отчитач уред HEIDENHAIN ND2108G GAGE-CHEK.

Проверочната линия е калибрирана предварително по отклонение от праволинейност.

Калибрирането е извършено по стъпковия метод на измерване с помощта на електронна либела "AE2DN" със стойност на делението 1 $\mu\text{m/m}$.

Резултатите от калибрирането на проверовъчната линия са представени в табл. 1.

Таблица 1. Отклонения от праволинейност на проверовъчната линия в mm^*

Z, mm	FEL, mm
0	0.0
100	-0.0012
200	-0.0016
300	-0.0019
400	-0.0022
500	-0.0025
600	-0.0027
700	-0.0029
800	-0.0032
900	-0.0035
1000	-0.0035
1100	-0.0032
1200	-0.0030
1300	-0.0025
1400	-0.0021
1500	-0.0015
1600	-0.0011
1700	-0.0008
1800	-0.0006
1900	-0.0004
2000	-0.0001
2100	0.0001
2200	0.0000

* Отклоненията са оценени спрямо права, съединяваща двете крайни точки.

При определяне на отклонението от праволинейност на движението на супорта и отклонението от перпендикулярност на това движение спрямо оста на въртене на план-шайбата са извършени по 5 наблюдения по 25 точки на профила на линията преди и след завъртането на план-шайбата на 180°.

Резултатите от измерването са представени в табл. 2.

Таблица 2. Отклонения от праволинейност EFL на движението на супорта и перпендикулярност EPR спрямо въртенето на план-шайбата в mm

Z, mm	0°	180°	Симетрала	EFL	EPR
0	0.002	4.141	2.072	-0.001	0
50	0.083	4.064	2.074	0.001	0.003
100	0.171	3.992	2.081	-0.006	0.0055
150	0.260	3.918	2.089	-0.012	0.008
200	0.344	3.830	2.087	-0.007	0.011
250	0.427	3.761	2.094	-0.012	0.014
300	0.503	3.677	2.090	-0.006	0.0165
350	0.580	3.592	2.086	0.000	0.019
400	0.658	3.508	2.083	0.005	0.022
450	0.741	3.432	2.087	0.003	0.025
500	0.821	3.350	2.086	0.006	0.0275
550	0.899	3.268	2.084	0.010	0.030
600	0.983	3.186	2.085	0.011	0.033
650	1.062	3.109	2.086	0.013	0.036
700	1.145	3.032	2.089	0.012	0.0385
750	1.234	2.956	2.095	0.008	0.041
800	1.317	2.872	2.095	0.010	0.044
850	1.411	2.796	2.103	0.004	0.047
900	1.496	2.719	2.107	0.002	0.0495
950	1.582	2.637	2.109	0.002	0.052
1000	1.672	2.552	2.112	0.001	0.055
1050	1.760	2.481	2.121	-0.006	0.058
1100	1.847	2.406	2.127	-0.010	0.0605
1150	1.937	2.323	2.130	-0.011	0.063
1200	2.029	2.247	2.138	-0.016	0.066

4. Заключение

Отклонението от праволинейност на хоризонталното движение на супорта на каруселен струг и отклонението от перпендикулярност на това движение спрямо оста на въртене на план-шайбата са едни от основните параметри на геометричната му точности.

При използване на каруселен струг като част от система за измерване на голямогабаритни ротационни детайли тип „пръстен“ тези отклонения са основен източник на неточност.

Разработената методика позволява определянето на тези отклонения и въвеждане на поправки за предизвиканите от тях грешки.

Методиката е успешно апробирана в реални заводски условия.

Литература:

[1] Радев Хр., В. Богев, В. Василев, И. Благоев “Новая технология измерения геометрических параметров крупногабаритных ротационных деталей”, “Метрология та приклади” Научково-ви-

робничий журнал. Тематический выпуск №2 II (40), ISSN 2307-2180, 2013г

[2] **Благов И.**, Измерване на геометрични параметри на ротационни повърхнини на голямогабаритни детайли, Дисертация, ТУ-София, 2014.

Данни за авторите:

проф. д.т.н. Христо Радев. Машинен инженер – „Прибори на точната механика“, СТАНКИН – Москва (1965), к.т.н. (1974), доцент (1976), д.т.н. (1995), професор (1997), кат. „Прецизна техника и уредостроене“, Машиностроителен факултет – ТУ-София; Интереси: Метрология и метрологично осигуряване, Управление на качеството.

д-р инж. Ивайло Благов. Машинен инженер – „Прецизна техника и уредостроене“ (2005), Асистент (2008), Гл. асистент (2011); доктор (2014); кат. „Прецизна техника и уредостроене“, Машиностроителен факултет – ТУ-София; Интереси: Метрология и метрологично осигуряване, Управление на качеството.

д-р инж. Милко Джамбазов. Машинен инженер – „Прибори на точната механика“, ЛИТМО – Санкт Петербург (1972), к.т.н. (1976). Катедра „Прецизна техника и уредостроене“, МФ, ТУ-София.

Интереси: Метрология и метрологично осигуряване

A METHOD FOR DETERMINING THE DEVIATION FROM THE STRAIGHT RADIAL MOVEMENT OF THE SLIDE OF A VERTICAL LATHE AND THE PERPENDICULARITY OF THIS MOVEMENT TO THE AXIS OF ROTATION OF THE FACE PLATE

Hristo Radev¹⁾, Ivailo Blagov²⁾, Milko Djambazov³⁾

¹⁾ TU of Sofia, e-mail: hradev@tu-sofia.bg

²⁾ TU of Sofia, e-mail: blagov@tu-sofia.bg

³⁾ TU of Sofia, e-mail: milkodjambazov@gmail.com

Abstract: This article discusses some methods for determining the deviation from the straight radial movement of the slide of a vertical lathe, as well as the deviation from the perpendicularity of this movement to the axis of rotation of the face plate. Methodologies are approved in a real factory, having confirmed their functional and metrological capabilities.

Key words: straightness, perpendicularity, vertical turret lathe.

References:

[1] **Radev Hr., V. Bogeov, V. Vasilev, I. Blagov** “Novaya tehnologiya izmereniya geometricheskikh parametrov krupnogabaritnykh rotatsionnykh detaley”, “Metrologiya ta prikladi” Naukovovirobnichiy zhurnal. Tematicheskij vipusk №2 II

(40), ISSN 2307-2180, 2013g

[2] **Blagov I.**, Izmervane na geometrichni parametri na rotatsionni povarhnini na golyamogabaritni detayli, Disertatsiya, TU-Sofiya, 2014.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ РАДИАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ СУППОРТА КАРУСЕЛЬНОГО СТАНКА И НЕПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТИ ЭТОГО ДВИЖЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ ВРАЩЕНИЯ ПЛАН-ШАЙБЫ

Христо Радев ¹⁾, Ивайло Благов²⁾, Милко Джамбазов ³⁾

¹⁾ ТУ – София, e-mail: hradev@tu-sofia.bg

²⁾ ТУ – София, e-mail: blagov@tu-sofia.bg

³⁾ ТУ – София, e-mail: milkodjambazov@gmail.com

Резюме: Рассматривается методика определения отклонения от прямолинейности радиального движения суппорта карусельного станка и перпендикулярности этого движения относительно оси вращения план-шайбы.

Ключевые слова: прямолинейность, перпендикулярность, карусельный станок.