

Калибровка станков с числовым программным управлением с помощью лазерного трекера VINTAG

Ю.И. Пимшин¹, Ю.В. Заяров¹, С.М. Бурдаков¹, Г.А. Науменко², Л.В. Постой¹

¹Волгодонский инженерно-технический институт – филиал национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»,

²Донской государственной технической университет (ДГТУ)

Аннотация: В статье приведены результаты выполненных работ при калибровке металлорежущего станка. Рассмотрена технология выполнения контроля. Сделано заключение, в котором констатируется, что лазерные трекеры, в том числе и измерительная машина марки Vintag изготавливаемая фирмой FaGo, обладают высокой оперативностью решения задач калибровки. Их программное обеспечение имеет возможность выполнять обработку результатов измерений и подготовку отчетов непосредственно на площадке выполнения работ и выдавать результаты на месте. Обеспечивать точность измерений пространственных координат 0.005-0.01 мм на расстояниях до 10000-15000 мм. Все эти характеристики позволяют рекомендовать машиностроительным предприятиям использование таких и аналогичных измерительных машин для решения задач калибровки металлорежущих станков.

Ключевые слова: Лазерный трекер, измерения, геометрические параметры, прямолинейность, перпендикулярность, метрология, калибровка, метрологические характеристики.

Современное машиностроительное производство характеризуется высоким уровнем автоматизации процесса металлообработки. При этом как правило плазма-, газорезательное оборудование, токарные, карусельные, фрезерные станки выполнены с числовым программным управлением [1, 2]. Для обеспечения метрологического сопровождения машиностроительного производства необходимо ежегодно тарировать вышперечисленное оборудование. При этом под процессом тарировки понимается определение и оценка двух характеристик это геометрическая точность работающего оборудование и его метрологические свойства. К геометрическим характеристикам относятся параметры прямолинейности направляющих их параллельности, перпендикулярности, горизонтальности, вертикальности, и т.д. К метрологическим параметрам относятся характеристики точности наведения рабочего органа на заданные координаты.

Работы по тарированию перечисленного типа оборудования выполняют с использованием высокоточного измерительного оборудования, одним из которых является класс приборов - лазерные трекары. Авторами статьи использован такого типа прибор марки Vintag изготовленный фирмой Faro для решения задач тарирования, см. рис.1. Например, для калибровки и контроля геометрических параметров фрезерного станка ИР – 1600МФ4-4 порядок выполнения работ состоял в следующем. Измерительную машину Vintag установили примерно на оси X-X. В шпинделе закрепили щуп, состоящий из тетраэдрического зеркала, точно закрепленного внутри поворотной сферы см. рис. 2. При этом диаметр отражателя, используемого в данном комплекте равен 1,5 дюйма (38,1 мм).

Затем последовательно перегоняли салазки вдоль оси X-X, шпиндель и колонну вдоль оси Z-Z, шпиндельную бабку вдоль оси Y-Y, см. рис.3. При этом перестановку вдоль каждой оси выполняли интервалами движения равному 100 мм, который задавался на компьютере станка.



Рис.1.– Лазерный трекер



Рис.2.– Отражатели (щупы) трекера

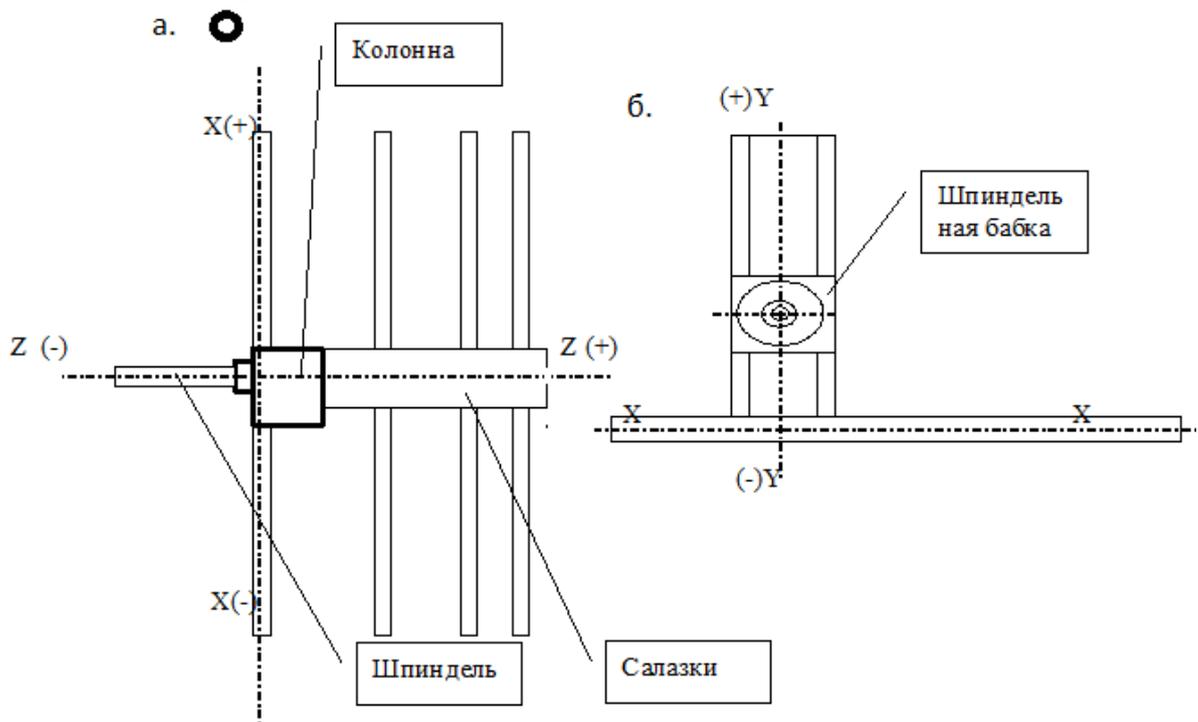


Рис.3.– Схема контролируемых элементов станка:

а – вид сверху; б – вид со стороны шпинделя;

● – станция стояния прибора.

При каждой остановке движения осуществляли координирование щупа лазерным треккером. При обработке результатов полевых измерений определялись характеристики несоответствия средней практической величины перемещения $\Delta A_{(\text{интервал})}$ ползунов по соответствующим направляющим - номинальному значению и среднюю квадратическую ошибку $m_{(\text{поз})}$ позиционирования рабочего органа оборудования. Так для определения этих величин использовали формулы:

$$\Delta A_{(\text{интервал})} = \frac{\sum_{i=1}^n [(A_{(\text{прибора}) i} - A_{(\text{прибора}) i+1}) - \varepsilon_{(\text{ном})}]}{n}, \quad (1)$$

$$m_{(\text{поз})} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [A_{(\text{прибора}) i} - A_{(\text{прибора}) i+1}]^2}{n}}, \quad (2)$$

где $\Delta A_{(\text{интервал})}$ – величина несоответствия средней практической величины интервала перемещения - номинальному значению; $A_{(\text{прибора})}$ – величина отрезка измеренная при i и $(i+1)$ остановках ползунов станка; $A_{(\text{ставка})}$ – величина отрезка, измеренная станком при его i остановке; n – количество интервалов; $m_{(\text{поз})}$ – средняя квадратическая ошибка позиционирования.

Так в качестве метрологических характеристик станка получили значения, приведенные в табл. 1

Таблица № 1.

Результаты калибровки станка

Калибровка при движении вдоль оси	Значение номинального шага перемещения, мм	Средняя практическая величина перемещения, мм	Величина несоответствия средней практической величины - номинальному значению, мкм	Средняя квадратическая ошибка позиционирования, мкм
X-X	прямо 100	99.991	-9	± 13
	обратно 100	99.992	-8	± 13
Y-Y	прямо 100	99.993	-7	± 33
	обратно 100	99.995	-5	± 42
Z-Z (колонны)	прямо 100	100.010	+10	± 36
	обратно 100	100.018	+18	± 35
Z-Z (шпинделя)	прямо 100	100.002	+2	± 30
	обратно 100	100.004	+4	± 43

Примечание:

1. Значение номинального шага (100 мм) перемещения задавался на компьютере станка в диапазоне 0–7500 мм;

2. Практическая величина пошагового перемещения определялась на каждом интервале, в том же диапазоне, итоговое практическое значение которого составило 0–7499,301 мм.

Геометрические характеристики станка определялись с учетом того, что все измерения, выполненные при калибровке (пример некоторых результатов см. табл.2) осуществлялись в единой системе координат, в соответствии с этим, вычисление параметров осуществлялось по стандартным геометрическим зависимостям и их результаты в графическом виде представлены на рис. 4, рис. 5 [3].

Таблица № 2.

Контроль геометрических параметров при движении колонны вдоль оси X-X

№ п/п	Условные отметки вдоль оси X-X, Н		Разность отметок мм	Параметры прямолинейности		Накопление величин перемещений воль оси X-X, S		
	Н прямо	Н обратно		прямо	обратно	S теор, мм	прямо	обратно
	мм	мм		δ прямо, мм	δ обратно, мм		S прямо, мм	S обратно, мм
1	-1.969	-2	0.031	0	0	0	0	0
	-1.974	-2	0.026	0	0	100	100	100
9	-1.979	-2.121	0.142	0.024454	-7.72E-12	200	199.9896	200
10	-1.897	-2.045	0.148	-0.00779	-0.02451	300	299.9882	300.007497
11	-1.893	-2.100	0.207	0.004685	-0.0008	400	399.9958	399.985899
12	-1.875	-2.013	0.138	-0.01558	0.041627	500	599.9764	499.992503
	-1.868	-2.008	0.140	-0.005	0.025785	600		599.993604
47	-0.792	-0.854	0.062	-0.01119	0.0057	4100	4099.699	4099.7629
48	-0.811	-0.817	0.006	-0.0105	-0.0369	4200	4199.717	4199.7565

76	-0.111	-0.110	-0.001	-0.00953	-0.0075	7000	6999.359	6999.41316
77	-0.108	-0.081	-0.027	-0.05267	-0.01034	7100	7099.359	7099.40468
78	-0.059	-0.050	-0.009	0.011225	-3.10E-12	7200	7199.342	7199.37933
79	-0.036	0	-0.036	-0.01268	0	7300	7299.325	7299.325
80	-0.028	0	-0.028	-0.00167	0	7400	7399.308	7399.308
81	0.000	0	0.000	0	0	7500	7499.301	7499.301

В итоге выполнения работ необходимо заключить следующее. Лазерные трекеры, в том числе и измерительная машина марки Vintag изготовляемая фирмой Faro, обладают высокой оперативностью решения задач калибровки. Их программное обеспечение имеет возможность выполнять обработку результатов измерений и подготовку отчетов непосредственно на площадке выполнения работ и выдавать результаты на

месте. Обеспечивать точность измерений пространственных координат 0,005–0,01 мм на расстояниях до 10000–15000 мм. Все эти характеристики позволяют рекомендовать машиностроительным предприятиям использование таких и аналогичных измерительных машин для решения задач калибровки металлорежущих станков.

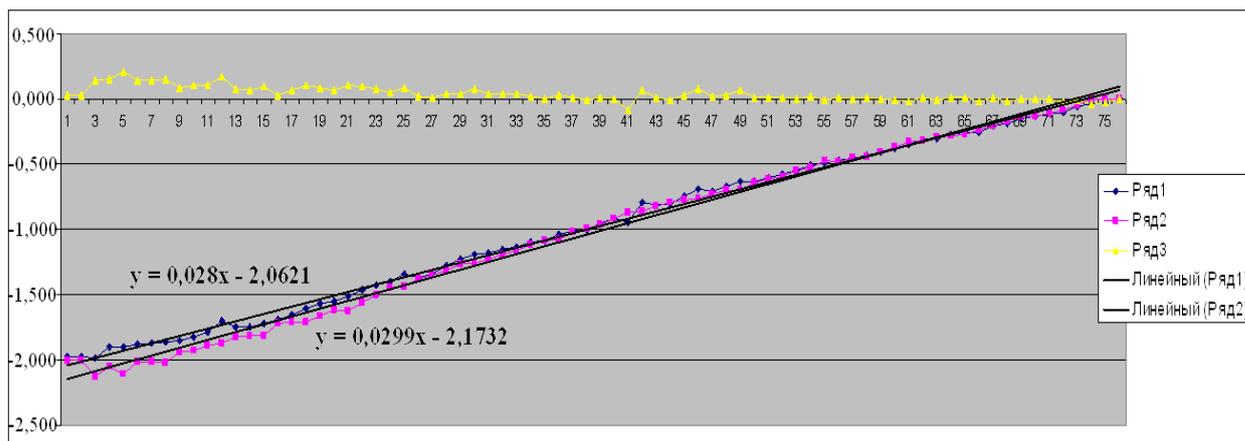


Рис.4.– График условных отметок вдоль оси X-X, Н (прямо, обратно), мм

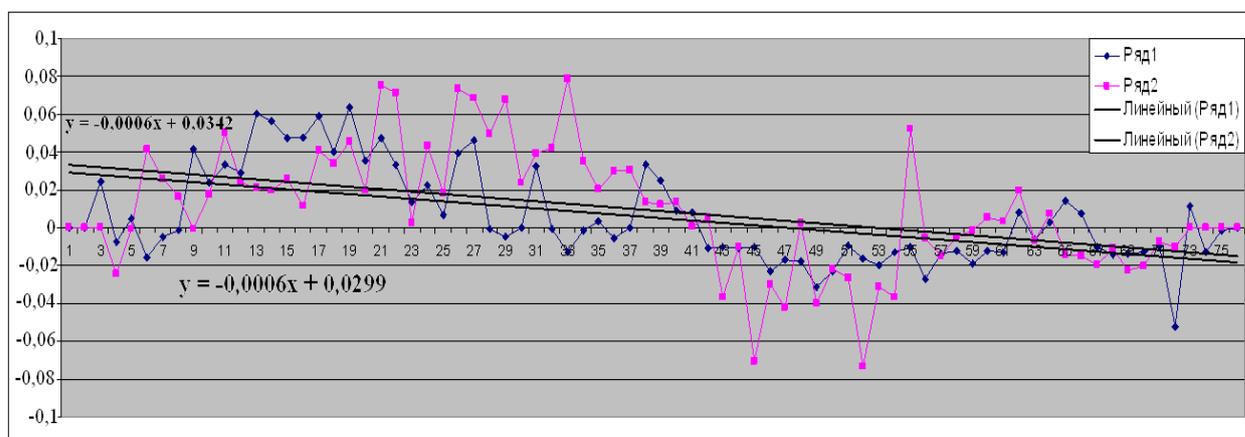


Рис.5.– Прямолинейность вдоль оси X-X, δ(прямо, обратно), мм

Литература

1. Пимшин Ю.И., Науменко Г.А., Арсеньев Д.М. Анализ геодезических методов контроля геометрических параметров технологического оборудования // Инженерный вестник Дона, 2014, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2014/2742

2. Пимшин Ю.И., Губеладзе А.Р., Арсеньев Д.М. Технический контроль при монтаже технологического оборудования // Инженерный



вестник Дона, 2014, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2014/2741

3. Пимшин Ю.И., Губеладзе О.А., Ключин Е.Б., Заяров Ю.В., Наугольнов В.А., Арсеньев Д.М. Применение лазерного трекера для определения деформационных характеристик защитных оболочек // Безопасность ядерной энергетики: тез. докл. XI Междунар. научн.-практ. конф., 27-29 мая 2015 г. / ВИТИ НИЯУ МИФИ [и др.]- Волгодонск: [Б.и.], 2015.- 1 электнон. опт. диск [CD].-ISBN 978-5-7262-2114-4.

4. Пимшин Ю.И., Литвинова Л.Ф. О контроле геометрии радиального подкранового пути // «Прикладная геодезия», сб. научн. статей - Ростов н/Д: Рост. гос. строй. ун-т., 1999.- Деп.ВИНИТИ 7.04.99, №1058-В99.- С.15-18.

5. Науменко Г.А. Метрологическое обеспечение геодезических работ, выполняемых при контроле монтажа технологического оборудования // Прикладная геодезия. - Ростов н/Д: РГСУ, 1999.-С.42. Деп. ВИНТИ 7.04.99, №1058-В99.- С.42.

6. Пимшин Ю.И., Пимшин И.Ю. Исследование методик обработки радиальных поверхностей // «Прикладная геодезия», сб. научн. статей - Ростов н/Д: Рост. гос. строй. ун-т., 2004.- Деп.ВИНИТИ 21.10.2004, №1644-В2004.- С.43-49.

7. Шеховцов Г.А., Шеховцова Р.П. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений. Н.Новгород: ННГАСУ, 2009. С.46-53.

8. Забазнов Ю.С., Гайрабеков И.Г., Пимшин Ю.И. Геодезический контроль геометрии выравниваемого здания // Инженерный вестник Дона, 2010, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2010/250

9. Malet J. P., Maquaire O., Calais E. The use of Global Positioning System techniques for the continuous monitoring of landslides: application to the



Super-Sauze earthflow (Alpes-de-Haute-Provence, France) // Geomorphology. – 2002. – V. 43. – №. 1. – pp. 33-54.

10. Schneider D. Terrestrial laser scanning for area based deformation analysis of towers and water damns //Proc. of 3rd IAG/12th FIG Symp., Baden, Austria, May. – 2006. – pp. 22-24.

References

1. Pimshin Ju.I., Naumenko G.A., Arsen'ev D.M. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2014/2742

2. Pimshin Ju.I., Gubeladze A.R., Arsen'ev D.M. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2014/2741

3. Pimshin Ju.I., Gubeladze O.A., Kljushin E.B., Zajarov Ju.V., Naugol'nov V.A., Arsen'ev D.M., XI Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf., 27-29 maja 2015 g. "Bezopasnost' jadernoj jenergetiki": tez. dokl. (VITI NIJaU MIFI. XI International scientific and practical conference "Safety of nuclear power"). Volgodonsk, 2015, on CD. ISBN 978-5-7262-2114-4.

4. Pimshin Ju.I., Litvinova L.F. Prikladnaja geodezija. sb. nauchn. Statej. Rostov n/D: Rost.gos.stroj.un-t., 1999. Dep.VINITI 7.04.99, №1058-V99. pp.15-18.

5. Naumenko G.A. Prikladnaja geodezija. Rostov n/D: RGSU, 1999. p.42. Dep. VINITI 7.04.99, №1058-V99.

6. Pimshin Ju.I., Pimshin I.Ju. Prikladnaja geodezija. sb. nauchn. Statej. Rostov n/D: Rost.gos. stroj. un-t., 2004. Dep.VINITI 21.10.2004, №1644- V2004. pp.43-49.

7. Shehovcov G.A., Shehovcova R.P. Sovremennye geodezicheskie metody opredelenija deformacij inzhenernyh sooruzhenij [Modern geodetic methods for the determination of deformations in engineering structures]. N.Novgorod: NNGASU, 2009. pp.46-53.



8. Zabaznov Ju.S., Gajrabekov I.G., Pimshin Ju.I. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2010, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2010/250
9. Malet J. P., Maquaire O., Calais E. Geomorphology. 2002. V. 43. №. 1. pp. 33-54.
10. Schneider D. Proc. of 3rd IAG/12th FIG Symp, Baden, Austria, May. 2006. pp. 22-24.