

DOI: 10.15593/2224-9877/2015.3.04

УДК 621.1.9.

А.А. Васильева, Т.Р. АблязПермский национальный исследовательский
политехнический университет, г. Пермь, Россия**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ КОРПУСНЫХ
ДЕТАЛЕЙ НА КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ
CARL ZEISS CONTURA G2**

Развитие технологий невозможно без качественного контроля. Широкое применение станков с числовым программным управлением в производстве увеличило требования к используемым средствам контроля, адекватным ответом стало применение в контроле координатно-измерительных машин (КИМ). Современные КИМ представлены широким модельным рядом, что позволяет выбрать машину в соответствии с решаемыми измерительными задачами, условиями (температура, давление, влажность, запыленность) и финансовыми возможностями предприятия. В работе рассмотрены современные координатно-измерительные машины, позволяющие производить измерение любых деталей путем контроля размеров форм изделий. Рассмотрена стратегия измерения корпусной детали на координатно-измерительной машине Carl Zeiss Contura G2. На предприятиях, использующих КИМ, нет обоснованных стратегий измерения, позволяющих достигать оптимального отношения показателей точности измерения к производительности контроля. Целью работы является разработка стратегии измерения длинных размеров корпусной детали, обеспечивающая отношение показателей точности к производительности контроля измерения. Проведены измерения длинных размеров корпусной детали по трем методам измерения (по четырем точкам, по восьми точкам и методом «Полилиния»), зафиксировано время контроля измерения и точности параметра. Проведен анализ полученных результатов. Рассмотрены современные координатно-измерительные машины, показано, что применение КИМ позволяет повысить производительность и точность контроля. Также современные КИМ позволяют контролировать детали любой формы и габаритов. Разработана технология контактного метода измерения корпусных деталей на КИМ Carl Zeiss Contura G2, обеспечивающая оптимальное отношение точности к производительности контроля. Установлено, что наиболее производительным методом является измерение по стратегии «Полилиния». Время контроля составляет 15 с.

Ключевые слова: координатно-измерительная машина, измерение, точность, контроль, производительность, стратегия, разработка, анализ, корпусная деталь, метод, время измерения.

A.A. Vasil'eva, T.R. Abliaz

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

**BASIC PART MEASUREMENT PROCESS STUDY
OF COORDINATE AND MEASURING MACHINE
CARL ZEISS CONTURA G2**

Technology development is impossible without quality control. Widespread use of machine tools with numerical control in manufacturing increased the demand for used tools of control, an adequate response was the use in the control of coordinate measuring machines (CMMS). Modern KIM presents a wide range of models, allowing you to choose the machine according to solve measuring tasks,

conditions (temperature, pressure, humidity, dustiness) and financial capabilities of the enterprise. The paper describes the current coordinate measuring machine that allows you to measure any part you need by checking the size of the forms of products. Describes the strategy dimension of the housing part on a coordinate measuring machine Carl Zeiss Contura G2. To businesses using KIM, there is no reasonable measurement strategies that allow to achieve an optimal balance between accuracy metrics measure the performance of control. The aim of this work is to develop a measurement strategy donovich dimensions of the housing part, which provides the ratio of the accuracy metrics for performance measurement monitoring. Measurements donovich dimensions of the housing part by three methods of measurement (4 points, 8 points and Polyline method), recorded the time of measurement and control accuracy parameter. The analysis of the obtained results. The analysis of modern coordinate measuring machines. It is shown that the use of CMM improves the performance and accuracy of control. Modern KIM allow you to control parts of any shape and size. The developed technology contact measurement method for prismatic parts on CMM Carl Zeiss Contura G2, providing the optimal balance of accuracy for performance monitoring. Found that the most productive method is to measure on the strategy of "Polyline". The time control is 15 seconds.

Keywords: coordinate and measuring machine, measurement, precision, control, performance, strategy, development, analysis, case detail, the method, the measuring time.

В условиях современного машиностроительного производства требования к точности и производительности измерений непрерывно повышаются. Возрастает роль измерительных средств. В настоящее время наблюдается стремительное внедрение координатно-измерительных машин (КИМ). Современные КИМ обладают высокой точностью измерения и являются одними из самых распространенных средств измерения.

Координатно-измерительная машина – устройство для измерения физических, геометрических характеристик объекта. Машина может управляться вручную оператором или автоматизированно компьютером.

Современные КИМ представлены широким модельным рядом, что позволяет выбрать машину в соответствии с решаемыми измерительными задачами, условиями (температура, давление, влажность, запыленность) и финансовыми возможностями предприятия.

Основное преимущество современных КИМ – возможность полной автоматизации как на этапе реализации координатного метода измерений, так и на этапе обработки результатов этих измерений. Кроме того, получаем возможность осуществлять контроль качества крупных корпусных деталей сложных поверхностей с повышенной точностью и достоверностью результатов измерений.

Современные КИМ обладают высокой точностью измерения и являются одними из самых распространенных средств измерения во всем мире. Однако точность измерения на КИМ зависит от многих факторов, одним из которых является стратегия измерения [1, 2].

Во время процесса контроля на производстве оператор сталкивается с большой номенклатурой измеряемых деталей. Его задачей является разработка оптимальной стратегии измерения детали, написание программы измерения и анализ полученных результатов. От правильно разработанной стратегии измерения зависит не только точность, но и производительность, т.е. КИМ должна обеспечивать сокращение времени, затрачиваемого на контроль [3, 4].

Несмотря на широкое распространение КИМ, нами не было найдено единых стратегий измерения деталей, разработанные стратегии измерения напрямую зависят от квалификации оператора. Следствием этого является то, что на предприятиях, использующих КИМ, нет обоснованных стратегий измерения, позволяющих достигать оптимального отношения показателей точности измерения к производительности процесса контроля. Наиболее часто операторы проводят измерения методом сканирования. Траекторией движения измерительной головки является кривая, и в результате контроля измеряется несколько сотен точек (рис. 1).

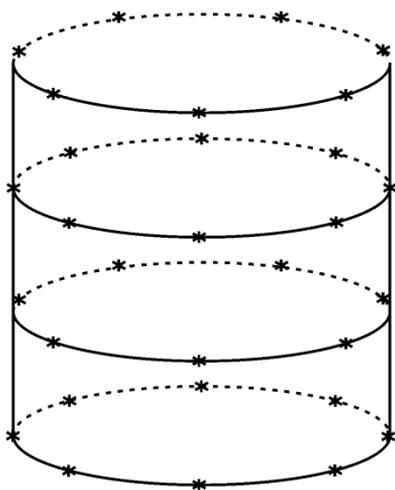


Рис. 1. Траектория движения измерительной головки

Подобный метод является самым точным среди контактных методов измерения, однако с увеличением количества контролируемых точек повышается время контроля. Точность измерения промышленных КИМ, не предназначенных для прецизионных измерений, варьируется от 3 м до 1,8 мкм и менее. Как правило, точность КИМ в десяток раз превосходит контролируемые значения допусков. Следовательно, в процессе измерения будет достаточно пользоваться контактным методом, сократив тем самым время контроля.

Наибольшую универсальность и гибкость обеспечивает применение измерительных средств и систем, основанных на принципе координатных измерений [1, 5–10].

Координатные измерения – это измерения геометрических параметров объекта, включающие измерения координат отдельных точек поверхности объекта в принятой системе координат (может быть прямоугольная, цилиндрическая, сферическая) и последующую математическую обработку измеренных координат для определения линейных и угловых размеров, отклонений формы и расположения поверхностей [6, 11].

Работа КИМ основана на поочередном измерении координат определенного числа точек поверхности объекта измерения и последующих расчетах линейных и угловых размеров, отклонений размера, формы и расположения в соответствующих системах координат.

В качестве испытательного образца была выбрана деталь – корпус. В качестве измеряемого параметра выбрана ширина детали (размер длины между поверхностями 1 и 2) [12, 13].

Испытательный образец не является элементом сборки и был изготовлен только для задач изучения процессов координатных измерений на КИМ.

Конструкция детали выполнена таким образом, что позволяет использовать КИМ для оценки геометрии любой ее поверхности.

Измерения детали производятся тремя методами, определяется среднее значение и сравнивается с эталонным размером детали.

Три метода измерения:

1. Ручное измерение расстояния между 1-й и 2-й плоскостями по четырем точкам.

2. Измерения расстояния между 1-й и 2-й плоскостями по восьми точкам.

3. Измерение расстояния между 1-й и 2-й плоскостями методом «Полилиния» по 40 точкам.

В ходе работы необходимо оптимизировать процесс измерения детали (рис. 2). В качестве измеряемого параметра выбран длинновой размер между поверхностями 1 и 2 [7, 14].

Эксперимент измерения корпусной детали проводится на КИМ Carl Zeiss Contura G2.

Полученные результаты измерений представлены в таблице.

По полученным результатам построим график (рис. 3) и проведем их сравнительный анализ.

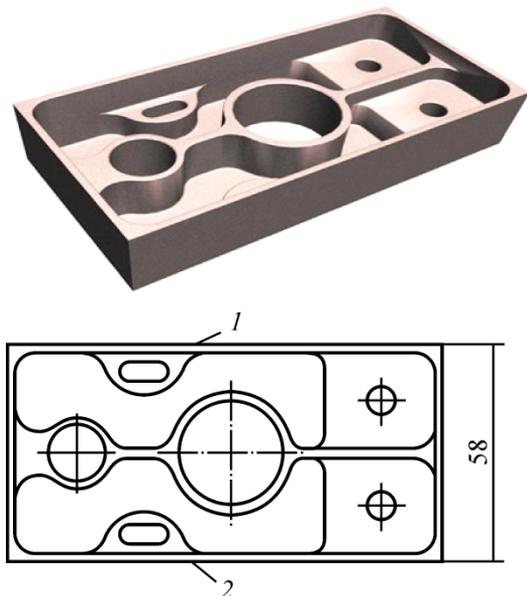


Рис. 2. Параметры измерения длинного размера рабочей детали между поверхностями 1 и 2

Исследованные параметры длинного размера,
замеренные по трем методам

Параметры	Методы измерения		
	По четырем точкам	По восьми точкам	«Полилиния»
L , мм	58,0208	58,0218	58,0224
t , с	40	60	15

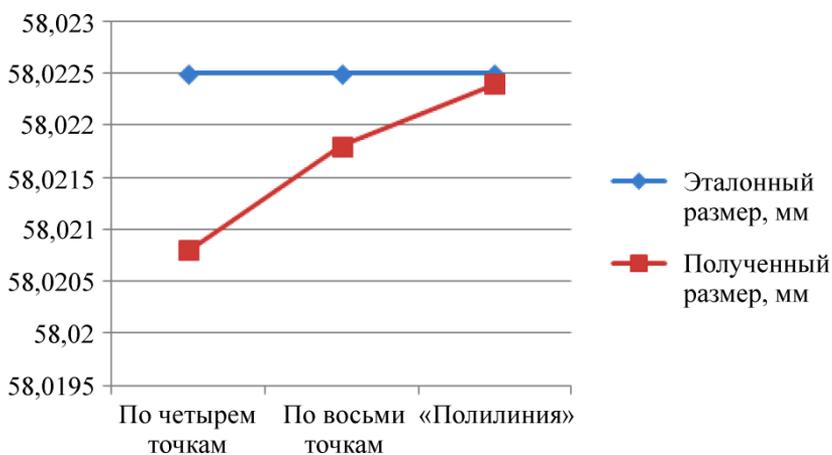


Рис. 3. Сравнительный анализ полученных данных

Из анализа полученных данных следует, что самым быстрым и точным является измерение методом «Полилиния». Время контроля составляет 15 с. Наибольшему времени контроля соответствует метод измерения по восьми точкам, время контроля 60 с. Наименее точный метод измерения – по четырем точкам, время его контроля составляет 40 с.

На основании данных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Проведен анализ современных координатно-измерительных машин. Показано, что применение КИМ позволяет повысить производительность и точность контроля. Также современные КИМ позволяют контролировать детали любой формы и габаритов.

2. Изучена технология контактного метода измерения корпусных деталей на координатно-измерительной машине. Показано, что контактный метод является самым точным среди координатных методов измерения корпусных деталей: точность касания до 1,8 мкм. Установлено, что на точность измерений влияет исправность машины, состояние окружающей среды и стратегия измерений.

3. Разработана технология контактного метода измерения корпусных деталей на КИМ Carl Zeiss Contura G2, обеспечивающая оптимальное отношение точности к производительности контроля. Установлено, что наиболее производительным методом является измерение по стратегии «Полилиния». Время контроля составляет 15 с.

Список литературы

1. Абляз Т.Р., Халтурин О.А. Метод контроля конических резьб для элементов бурильных колонн на координатно-измерительной машине // Вестник Пермского государственного технического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – № 1. – С. 85–91.

2. Основы теории точности машин и приборов / В.П. Булатов, В.А. Брагинский, Ф.И. Демин [и др.]. – СПб.: Наука, 1993. – 232 с.

3. Бунько Е.Б., Меша К.И., Мурачев Е.Г. Управление техническими системами. – М.: Форум, 2010. – 384 с.

4. Основы теории точности механизмов / Н.Г. Бруевич [и др.]. – М.: Наука, 1976. – 136 с.

5. Прецизионные измерения в машиностроении / С.Ю. Брянкин, В.Г. Лысенко, С.А. Кононогов [и др.] // Законодательная и прикладная метрология. – 2010. – № 5 (111). – С. 2–7.

6. Брянкин С.Ю., Лысенко В.Г., Федосов К.Ф. Приоритетные направления метрологического обеспечения координатных методов измерений геометрических параметров деталей // 100 лет Российскому подводному флоту: науч.-практ. конф. – Северодвинск, 2006. – С. 115–119.

7. Применение математического моделирования для оценки точности координатных измерений на координатно-измерительных машинах / С.Ю. Брянкин, В.Г. Лысенко, С.С. Голубев, К.Ф. Федосов // 100 лет Российскому подводному флоту: науч.-практ. конф. – Северодвинск, 2006. – С. 45–49.

8. Емельянов П.Н., Педь С.Е., Холин И.Е. Разработка эталонной координатно-измерительной машины с ЧПУ // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2012. – № 8. – С. 68–72.

9. Мастеренко Д.А. О подходах к оцениванию параметров по сильно дискретизованным наблюдениям // Вестник МГТУ «Станкин». – 2010. – № 3 (11). – С. 88–94.

10. Гапшис А.А., Каспарайтис А.Ю., Модестов М.Б. Координатные измерительные машины и их применение. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.

11. Суслин В.П., Джунковский А.В. Методика объемной компенсации систематических погрешностей координатно-измерительных машин на основании измерения плиты со сферами // Исследовано в России: эл. журнал. – 2006. – № 232. – С. 2211–2218.

12. Джунковский А.В. Повышение точности измерений и совершенствование программного обеспечения координатно-измерительных машин: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2007. – 168 с.

13. Бородачев И.А. Основные вопросы теории точности производства. – М; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – 416 с.

14. Асташенков А.И. Разработка системы обеспечения единства измерений геометрических параметров эвольвентных зубчатых зацеплений: дис. ... д-ра техн наук. – М., 1999. – 410 с.

References

1. Abliaz T.R., Khalturin O.A. Metod kontrolia konicheskikh rez'b dlia elementov buril'nykh kolonn na koordinatno-izmeritel'noi mashine [Test method for tapered threads on the drill string element coordinate measuring machine]. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Mashinostroenie, materialovedenie*, 2012, no. 1, pp. 85-91.

2. Bulatov V.P., Braginskii V.A., Demin F.I. [et al.]. Osnovy teorii tochnosti mashin i priborov [Fundamentals of the theory of precision machinery and instruments]. Saint Petersburg: Nauka, 1993. 232 p.

3. Bun'ko E.B., Mesha K.I., Murachev E.G. Upravlenie tekhnicheskimi sistemami [Managing technical systems]. Moscow: Forum, 2010. 384 p.

4. Bruevich N.G. Osnovy teorii tochnosti mekhanizmov [Fundamentals of the theory of precision mechanisms]. Moscow: Nauka, 1976. 136 p.

5. Briankin S.Iu., Lysenko V.G., Kononogov S.A. Pretsizionnye izmereniia v mashinostroenii [Precision measurements in mechanical engineering]. *Zakonodatel'naia i prikladnaia metrologiia*, 2010, no. 5 (111), pp. 2-7.

6. Briankin S.Iu., Lysenko V.G., Fedosov K.F. Prioritetnye napravleniia metrologicheskogo obespecheniia koordinatnykh metodov izmerenii geometricheskikh parametrov detalei [Priority directions of coordinate metrology software-nate methods of measurement of geometric parameters of parts]. *Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii "100 let Rossiiskomu podvodnomu flotu"*. Severodvinsk, 2006, pp. 115-119.

7. Briankin S.Iu., Lysenko V.G., Golubev S.S., Fedosov K.F. Primenenie matematicheskogo modelirovaniia dlia otsenki tochnosti koordinatnykh izmerenii na koordinatno-izmeritel'nykh mashinakh [Application of mathematical modeling to assess the accuracy of coordinate measurement on co-ordinate measuring machines]. *Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii "100 let Rossiiskomu podvodnomu flotu"*. Severodvinsk, 2006, pp. 45-49.

8. Emel'ianov P.N., Ped' S.E., Kholin I.E. Razrabotka etalonnoi koordinatno-izmeritel'noi mashiny s chislovyim programmnyim upravleniem [Development of standard CMM with CNC]. *Informatsionno-izmeritel'nye i upravliaiushchie sistemy*, 2012, no. 8, pp. 68-72.

9. Masterenko D.A. O podkhodakh k otsenivaniuu parametrov po sil'no diskretizovannym nabludeniiam [On the approaches to the estimation of the parameters of highly sampled observations]. *Vestnik moskovskogo gosudarstvenno tekhnicheskogo universiteta "Stankin"*, 2010, no. 3 (11), pp. 88-94.

10. Gapshis A.A., Kasparaitis A.Iu., Modestov M.B. Koordinatnye izmeritel'nye mashiny i ikh primeneniie [Coordinate measuring machines and their use]. Moscow: Mashinostroenie, 1989. 328 p.

11. Suslin V.P., Dzhunkovskii A.V. Metodika ob'emnoi kompensatsii sistemicheskikh pogreshnostei koordinatno-izmeritel'nykh mashin na osnovanii izmereniia plity so sferami [Methods of volumetric

compensation of systematic errors of coordinate measuring machines by measuring the plate with spheres]. *Issledovano v Rossii*, 2006, no. 232, pp. 2211-2218.

12. Dzhunkovskii A.V. Povyshenie tochnosti izmerenii i sovershenstvovanie programmnoho obespecheniia koordinatno-izmeritel'nykh mashin [Improving the accuracy of measurements and improvement software coordinate measuring machines]. Ph. D. dissertation. Moscow, 2007. 168 p.

13. Borodachev I.A. Osnovnye voprosy teorii tochnosti proizvodstva [Key questions the accuracy of the theory of production]. Moscow, Leningrad: Akademiia nauk SSSR, 1950. 416 p.

14. Astashenkov A.I. Razrabotka sistemy obespecheniia edinstva izmerenii geometricheskikh parametrov evol'ventnykh zubchatykh zatsepelenii [Development of the system for ensuring the uniformity of measurements geometric-ray parameters of involute gearing]. Doctor's degree dissertstion. Moscow, 1999. 410 p.

Получено 29.06.2015

Об авторах

Васильева Александра Алексеевна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Материалы, технология и конструирование машин» Пермского национального исследовательского политехнического университета; e-mail: yunhojung@mail.ru.

Абляз Тимур Ризович (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Материалы, технология и конструирование машин» Пермского национального исследовательского политехнического университета; e-mail: lowrider11-13-11@mail.ru.

About the authors

Aleksandra A. Vasil'eva (Perm, Russian Federation) – Master Student, Department “Materials, Technology and Construction Machines”, Perm National Research Polytechnic University; e-mail: yunhojung@mail.ru.

Timur R. Abliaz (Perm, Russian Federation) – Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department “Materials, Technology and Construction Machines”, Perm National Research Polytechnic University; e-mail: lowrider11-13-11@mail.ru.