

## **ИЗМЕРЕНИЕ ПОЗИЦИОННОГО ОТКЛОНЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ, КООРДИНИРОВАННЫХ В УГЛОВОМ НАПРАВЛЕНИИ И ОТНОСИТЕЛЬНО ЦЕНТРАЛЬНОГО ОТВЕРСТИЯ ДЕТАЛИ**

А.П. АРХАРОВ, канд. техн. наук

Тверской государственной технической университет  
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22, e-mail: arharovanatoliy@yandex.ru

© Архаров А.П., 2023

Представлен анализ известных способов и устройств для измерения позиционного отклонения отверстий у детали типа крышки. Выявлены их существенные недостатки. Даны описания разработанных способа и устройства для измерения указанного параметра. Проведены сравнительные анализы предложенных способа и устройства с аналогичными известными решениями. Отражены оригинальность разработок и достигаемый технический результат.

*Ключевые слова:* измерение, отверстие, точность, расположение, способ, устройство, производительность.

**DOI: 10.46573/2658-5030-2023-4-14-18**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Детали машин в виде, например, крышек, водил и фланцев имеют отверстия. Одно из них является центральным и служит базой для задания радиального расположения других отверстий. Кроме того, расположение осей таких отверстий в угловом направлении также ограничивается позиционным допуском. Наиболее распространенный контроль параметров расположения отверстий осуществляется с помощью комплексных калибров [1, 2]. Они позволяют оценить изделие по признаку годности как соответствующее или несоответствующее предъявляемым требованиям. Контроль проводится в два этапа. На первом контролируют размеры проверяемых поверхностей и оценивают годность детали по этим параметрам. На втором этапе выполняют контроль расположения. Недостатком метода является отсутствие действительного значения контролируемых параметров расположения [3].

Указанный недостаток устранен в методах измерения позиционных отклонений [4]. Один из них – измерение с применением координатно-измерительных машин [5]. Метод имеет высокую точность и широкие метрологические возможности, однако его применение ограничивает высокая стоимость измерительного средства и способа измерения в целом.

Для измерения корпусной детали известен способ [6], позволяющий измерять ширину паза и отклонение расположения паза относительно базового отверстия. Однако с помощью него нельзя измерить взаимное расположение ряда отверстий и их расположение относительно центрального отверстия детали.

В другом применяемом способе [7] используют измерительное устройство [8], включающее корпус, центрирующий узел в виде двух оправок, измерительный узел с индикаторным нутромером, контрольным кольцом, дистанционной и центрирующими втулками. Данный способ, кроме переходов, связанных с установками объекта измерения, контрольного кольца и индикаторного нутромера, измерениями позиционных отклонений в разных направлениях и разных сечениях по длине,

включает также выверку положения измерительного узла относительно объекта измерения и последующее его закрепление. При этом закрепление выполняют гайкой, при натяжке смещающей контрольное кольцо в угловом направлении, нарушающей при этом выполненную выверку. Возникает необходимость в повторной выверке взаимного положения, которую продолжают до получения после закрепления выравненных показаний нутромера в угловом направлении. Это снижает производительность измерения.

Проведенная работа направлена на устранение отмеченного недостатка.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

При исследовании применялся структурный анализ используемых на практике, описанных в научной литературе и в патентной документации методов и средств измерения взаимного расположения отверстий. При разработке нового способа и измерительного средства применялся синтез таких элементов, которые в совокупности образуют единое целое, отвечающее критерию оригинальности.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

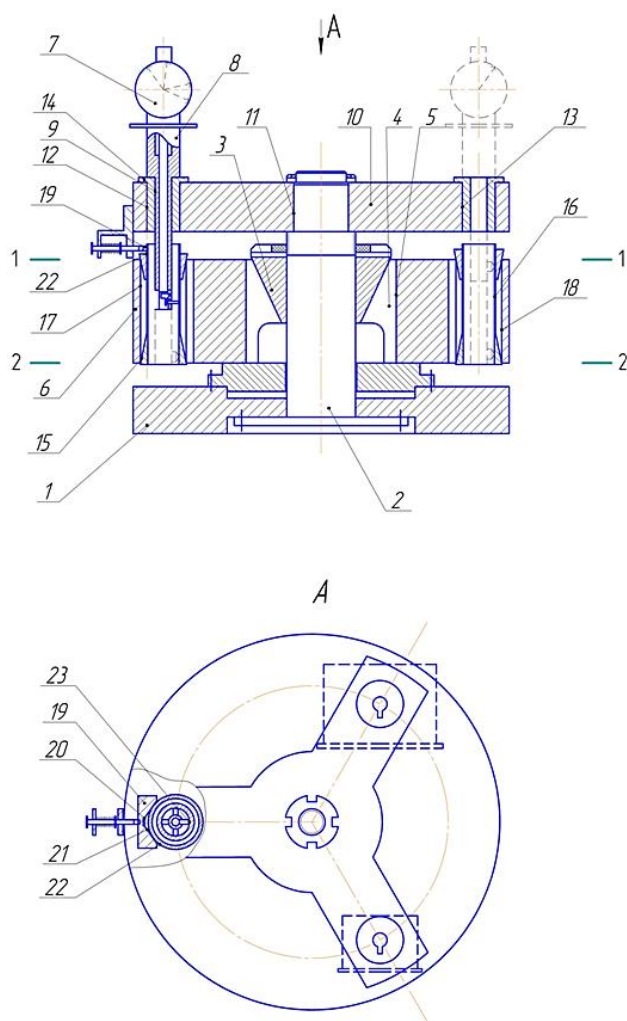
Решение поставленной цели достигнуто в разработанном способе измерения позиционных отклонений отверстий. В качестве основы принят способ измерения позиционного отклонения отверстий, координированных относительно центрального отверстия детали [7].

Разработанный способ включает следующие переходы: установку объекта измерения, установку измерительного узла и измерение позиционных отклонений. При установке объекта измерения вначале устанавливают центрирующие узлы в проверяемые отверстия, а затем размещают объект центральным отверстием на центрирующей оправке измерительного устройства и закрепляют на нем. Установка измерительного узла состоит из закрепления ориентирующего узла, размещения измерительного узла на центрирующей оправке и ориентирования его относительно объекта измерения. При размещении измерительного узла обеспечивают возможность его поворота на центрирующей оправке. Ориентирование измерительного узла выполняют путем совмещения его поворота на центрирующей оправке с радиальным перемещением фиксатора ориентирующего узла. При измерении используют нутромер, который устанавливают вначале в первое гнездо измерительного узла, а затем в его последующие гнезда. При каждой такой установке нутромером измеряют действительные отклонения расположения в двух поперечных сечениях проверяемого отверстия. За искомое позиционное отклонение каждого проверяемого отверстия принимают большее из двух измеренных значений.

В разработанном способе, в отличие от известного [7], дополнительно устанавливают ориентирующий узел, исключают вращение нутромера при выверке, а также по-иному выполняют ориентирование измерительного узла, осуществляя его радиальным перемещением фиксатора и поворотом измерительного узла на центрирующей оправке, а завершают такое ориентирование без его закрепления. Все эти отличительные признаки в совокупности обеспечивают повышение производительности способа измерения.

При разработке нового устройства в качестве основы использовано устройство, применяемое для измерения позиционного отклонения отверстия [8].

На рисунке показан общий вид устройства.



Общий вид устройства

Устройство содержит базирующий, измерительный и ориентирующий узлы. Базирующий узел включает в себя следующие конструктивные элементы: корпус 1, оправку 2 с подвижной конической втулкой 3 и цангу 4. Оправка 2 и цанга 4 закреплены на корпусе 1, размещены одна в другой и расположены соосно. Цанга 4 выполнена с возможностью сопряжения рабочей поверхностью своих лепестков с центральным отверстием 5 детали 6, а своим коническим отверстием – с подвижной конической втулкой 3. Измерительный узел содержит индикаторный нутромер 7 с поясками 8 и 9 на его корпусе, кольцо 10 с базовым 11 и контрольными отверстиями 12 и 13, дистанционную втулку 14, размещенную в одном из контрольных отверстий 12, и центрирующие втулки 15 и 16, выполненные с возможностью размещения в измеряемых отверстиях 17 и 18 у детали 6. Базовое 11 и контрольные 12 и 13 отверстия расположены соответственно номинальному положению измеряемых отверстий 17 и 18. Каждое из сопряжений поясков 8 и 9 с отверстием дистанционной втулки и с контрольными отверстиями 12 и 13 обеспечивает возможность поворота индикаторного нутромера 7 вокруг собственной оси [8]. Ориентирующий узел содержит фиксатор в виде призмы 19. Он установлен на кольце 10 с совмещением

биссекторной плоскости призмы 19 с плоскостью, проходящей через продольные оси контрольного 12 и базового 11 отверстий кольца 10, причем призма 19 выполнена подвижной в направлении, перпендикулярном оси базового отверстия 11, с возможностью прилегания своих рабочих поверхностей 20 и 21 к наружной цилиндрической поверхности 22 центрирующей втулки 15. Оправка 2 выполнена с шейкой, сопряженной с базовым отверстием 11 кольца 10, с возможностью вращения данного кольца на шейке.

Для измерения детали 6 в ее отверстия 17 и 18 устанавливают центрирующие втулки 15 и 16. Размещают деталь 6 центральным отверстием 5 на цангу 4 и закрепляют ее гайкой через подвижную коническую втулку 3. Устанавливают кольцо 10 базовым отверстием 11 на шейку оправки 2, обеспечивая контакт измерительного щупа 23 с поверхностью отверстия первой центрирующей втулки 15 в сечении 1-1 измеряемого отверстия 17 [7]. Перемещают призму 19 к центрирующей втулке 15 и давлением пружины фиксатора достигают прилегания ее рабочих поверхностей 20 и 21 к наружной цилиндрической поверхности 22 упомянутой втулки, осуществляя таким образом ориентирование кольца 10 в угловом направлении относительно детали 6 и его фиксацию. Затем поворачивают индикаторный нутромер 7 в первой центрирующей втулке 15 на полный оборот, фиксируя при этом первый наибольший  $\Delta'_{1max}$  и первый наименьший  $\Delta'_{1min}$  отсчеты. Определяют позиционное отклонение  $\Delta'_1$  в поперечном сечении 1-1 по полуразности первого наибольшего  $\Delta'_{1max}$  и первого наименьшего  $\Delta'_{1min}$  отсчетов. Снимают индикаторный нутромер 7, вынимают из кольца 10 дистанционную втулку 14. Устанавливают индикаторный нутромер 7 пояском 8 в контрольное отверстие 12. Повторяют поворот индикаторного нутромера 7 на полный оборот, фиксируя при этом второй наибольший  $\Delta''_{1max}$  и второй наименьший  $\Delta''_{1min}$  отсчеты во втором поперечном сечении 2-2 измеряемого отверстия 17. Устанавливают позиционное отклонение  $\Delta''_1$  во втором упомянутом сечении по полуразности второго наибольшего  $\Delta''_{1max}$  и второго наименьшего  $\Delta''_{1min}$  отсчетов. Определяют искомое позиционное отклонение  $\Delta_1$  первого измеряемого отверстия 17 по большему из значений позиционных отклонений  $\Delta''_1$  и  $\Delta'_1$  в двух упомянутых сечениях [8]. Повторяя упомянутые действия над дистанционной втулкой и индикаторным нутромером, с помощью ориентирующего узла измеряют отклонения расположения  $\Delta_2 \dots \Delta_n$  каждого из последующих отверстий детали.

Сравнение разработанного устройства с известным [8] показывает, что оснащение первого ориентирующим узлом, закрепление этого узла на кольце, выполнение фиксатора в виде призмы, подвижной в радиальном направлении, и размещение призмы с возможностью ее взаимодействия с поверхностью центрирующей втулки позволяют выполнить ориентацию и совмещенную с ней фиксацию кольца быстрее и за счет этого достичь повышения производительности измерения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ уровня техники в области измерения расположения координированных отверстий у детали позволил выявить достоинства и недостатки известных решений. Кроме того, он показал, что устранение этих недостатков является актуальной задачей. В разработанном способе измерения усовершенствованы выверка углового положения измерительного узла и его фиксация. В спроектированном устройстве использован ориентирующий узел, для которого установлены новые связь, расположение и взаимодействие с другими элементами устройства. Использование в машиностроении предложенных способа и устройства даст возможность повысить производительность измерения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Контрольно-измерительные приборы и инструменты / С.А. Зайцев [и др.]. М.: Академия. 2003. 464 с.
2. Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки: справочник: в 2 ч. 9-е изд., перераб. и доп. СПб.: Политехника. 2009. Ч. 1. 530 с.
3. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: в 2 т. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство стандартов. 1989. Т. 2: Контроль деталей. 208 с.
4. Точность и производственный контроль в машиностроении: справочник / И.И. Балонкина [и др.]; под общ. ред. А.К. Кутая, Б.М. Сорочкина. Л.: Машиностроение. 1983. 368 с.
5. Средства измерений. Выпуск № 2. Каталог INTRATOOL. URL: <https://www.yumru.com/it/document/download/18727030/3580e-26c99-2b330-97991-89a14-0ed70-cc81f-db339> (дата обращения: 08.07.2023).
6. Архаров А.П., Зыков Д.Ю. Способ измерения параметров паза и ступицы на корпусных деталях // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2019. № 1 (1). С. 21–25.
7. Патент РФ 2627542. *Способ измерения позиционного отклонения отверстий, координированных относительно центрального отверстия детали* / Архаров А.П.; Заявл. 26.10.2016. Опубл. 08.08.2017. Бюл. № 22.
8. Архаров А.П., Чуприков А.А. Устройство для измерения позиционного отклонения отверстий, координированных относительно центрального отверстия детали // *Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем: сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. Выпуск IV*. Казань: Инновационный центр развития образования и науки. 2017. С. 20–23.

**Для цитирования:** Архаров А.П. Измерение позиционного отклонения отверстий, координированных в угловом направлении и относительно центрального отверстия детали // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2023. № 4 (20). С. 14–18.

## MEASURING THE POSITIONAL DEVIATION OF HOLES COORDINATED IN THE ANGULAR DIRECTION AND RELATIVE TO THE CENTRAL HOLE OF THE PART

A.P. ARKHAROV, Cand. Sc.

Tver State Technical University  
22, Af. Nikitin emb., 170026, Tver, Russian Federation, e-mail: arharovanatoliy@yandex.ru

The relevance of the research topic is noted. Analysis of the known methods and devices for measuring the lid-type part holes positional deviation is done. Significant deficiencies are identified. The description of the developed method and device for the mentioned parameter is given. Comparative analysis of the developed method and device with similar known designs and solutions are carried out. The development originality and the achieved technical result are reflected in this work.

*Keywords:* measurement, hole, accuracy, positioning, method, device, performance.

Поступила в редакцию/received: 04.09.2023; после рецензирования/revised: 01.10.2023;  
принята/accepted: 03.10.2023

*Вестник Тверского государственного технического университета.  
Серия «Технические науки». № 4 (20), 2023*