РАЗДЕЛ VI. МАТЕМАТИКА

Гамова Н.А., Косилов М.А.

Математическая задача в разработке контрольно-измерительного приспособления*Оренбургский государственный университет
(Россия, Оренбург)*

doi: 10.18411/lj-07-2021-24

Аннотация

В статье рассматривается принцип работы контрольно-измерительного приспособления для контроля перпендикулярности поверхности относительно оси отверстия.

Технический контроль - это главная часть управления качеством продукции на машиностроительном предприятии, что является неотъемлемой частью производственного процесса. В статье рассматривается проверка детали типа «Переводка» 7А35.25.19М, где используют контрольно-измерительное приспособление (КИП) для контроля перпендикуляра поверхности относительно оси отверстия. Осуществляется проверка параллельности поверхности торца относительно отверстия диаметром $20^{+0,21}$ мм с допуском 0,1 мкм. Отдельные элементы системы разрабатываются параллельно с разработкой технологии производства и фиксируются в соответствующей технологической документации. Математическая задача в разработке контрольно-измерительного приспособления состояла в расчете фактической погрешности измерения для контрольно-измерительного приспособления.

Ключевые слова: математическая задача, технический контроль, техническое оснащение, технологическая документация.

Abstract

The article discusses the principle of operation of a control and measuring device for monitoring the perpendicularity of the surface relative to the axis of the hole.

Technical control is the main part of product quality management at a machine-building enterprise, which is an integral part of the production process. The article discusses checking a part of the "Transfer" type 7A35.25.19M, where a control and measuring device (instrumentation) is used to control the surface perpendicular to the axis of the hole. The parallelism of the end face relative to the hole with a diameter of $20 + 0.21$ mm with a tolerance of 0.1 microns is carried out. Individual elements of the system are developed in parallel with the development of production technology and are recorded in the corresponding technological documentation. The mathematical task in the development of the control and measuring device consisted in calculating the actual measurement error for the control and measuring device.

Keywords: mathematical problem, technical control, technical equipment, technological documentation.

Рассмотрим принцип работы контрольно-измерительного приспособления для контроля перпендикулярности поверхности относительно оси отверстия. Универсальное приспособление состоит из 1 сборочной единицы, 14 деталей, 7 стандартных изделий, габаритные размеры $230 \times 150 \times 190$ мм. Точность измерения составляет $\varepsilon_{\text{изм}} = 0,01397$ мм. Проверяемую деталь типа «Переводка 7А35.25.19М» устанавливают на плиту (позиция 1) с помощью пальца, (позиция 2) закрепленного в ней. Перпендикулярность проверяют измерительной головкой 2ИГ (позиция 5)

установленной с помощью втулки (позиция 4), которая в свою очередь закрепляется при помощи винта (позиция 6) в кронштейне (позиция 3), который закреплен на плите при помощи болтов (позиция 7) и шайбы (позиция 8). На плиту номер (позиция 1) устанавливается палец номер (позиция 2), на который устанавливается контролируемая деталь. Деталь вращается и указывает отклонение на часовом механизме. Контрольно-измерительное приспособление для контроля перпендикулярности поверхности диаметром 32 мм относительно оси отверстия диаметром 20 мм «Переводка 7А35.25.19М» изображено на рисунке 1.

Рисунок 1 – Контрольно-измерительное приспособление для контроля перпендикулярности поверхности относительно оси отверстия «Переводка 7А35.25.19М»

Проведем расчет на точность контрольно-измерительного приспособления.

Для начала определяем допустимую погрешность измерения $[\epsilon_{\text{изм}}]$ для данного приспособления. На основе данных, представленных в таблице 1, принимаем $[\epsilon_{\text{изм}}] = 0,05 \text{ мм}$ [1].

Таблица 1

Допустимые погрешности измерения для IT5 - IT10 (в микрометрах)

Номиналь ные размеры, мм	Квалитет											
	11		12		13		14		15		16	
	Т	$\epsilon_{ИЗМ}$	Т	$\epsilon_{ИЗМ}$	Т	$\epsilon_{ИЗМ}$	Т	$\epsilon_{ИЗМ}$	Т	$\epsilon_{ИЗМ}$	Т	$\epsilon_{ИЗМ}$
До 3	0	2	00	0	40	0	50	0	00	0	00	20
Св 3 до 6	5	6	20	0	80	0	00	0	80	00	50	60
Св 6 до 10	0	8	50	0	20	0	60	0	80	20	00	00
Св 10 до 18	10	0	80	0	70	0	30	0	00	40	100	40
Св 18 до 30	30	0	10	0	30	0	20	20	40	80	300	80
Св 30 до 50	60	0	50	0	90	0	20	40	000	00	600	20
Св 50 до 80	90	0	00	0	60	00	40	60	200	40	900	00
Св 80 до 120	20	0	50	0	40	20	70	80	400	80	200	40

Рассмотрим математическую задачу по определению фактической погрешности измерения для контрольного приспособления $\varepsilon_{\text{изм}}$. Для вычисления воспользуемся формулой:

$$\varepsilon_{\text{изм}} = \varepsilon_{\text{иу}} + \varepsilon_{\text{ип}} + \varepsilon_{\text{им}} + \sqrt{\varepsilon_{\text{нб}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{ис}}^2 + \varepsilon_{\text{зп}}^2 + \varepsilon_{\text{си}}^2 + \varepsilon_{\text{др}}^2}. \quad (1)$$

где $\varepsilon_{\text{иу}}$ - систематическая погрешность, вызванная неточностью изготовления установочных элементов и неточностью их расположения на корпусе контрольно-измерительного приспособления при его сборке.

$\varepsilon_{\text{ип}}$ - систематическая погрешность, вызванная неточностью изготовления передаточных элементов, рычагов, штифтов, стержней и др.;

$\varepsilon_{\text{им}}$ - систематическая погрешность, вызванная неточностью изготовления установочных мер и эталонных деталей, используемых для настройки средств измерения на контролируемый параметр (при их использовании);

$\varepsilon_{\text{нб}}$ - погрешность, вызванная несовмещением измерительной базы с технологической базой (в приспособлениях для межоперационного контроля) или конструкторской базой (в приспособлениях для окончательного контроля);

$\varepsilon_{\text{з}}$ - погрешность, возникающая в результате закрепления контролируемого объекта;

$\varepsilon_{\text{ис}}$ - погрешность, зависящая от измерительной силы;

$\varepsilon_{\text{зп}}$ - погрешность, возникающая по причине зазоров между осями рычагов передаточных устройств (при их наличии);

$\varepsilon_{\text{си}}$ - погрешность используемого средства измерений;

$\varepsilon_{\text{др}}$ - другие погрешности, вызванные действием случайных факторов при выполнении контроля.

В формулу мы не включаем следующие погрешности:

$\varepsilon_{\text{нб}}$ - систематическая погрешность отсутствует по причине не совмещения баз детали и контрольно - измерительного приспособления;

$\varepsilon_{\text{им}}$ - систематическая погрешность, вызванная неточностью изготовления установочных мер и эталонных деталей, не используется для настройки средств измерения на контролируемый параметр;

$\varepsilon_{\text{з}}$ - систематическая погрешность отсутствует по причине жёсткой установки детали;

$\varepsilon_{\text{зп}}$ - систематическая погрешность отсутствует по причине отсутствия зазоров между осями рычагов передаточных устройств.

С учетом исключенных погрешностей, расчетная формула суммарной погрешности примет следующий вид.

$$\varepsilon_{\text{изм}} = \varepsilon_{\text{ип}} + \sqrt{\varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{ис}}^2 + \varepsilon_{\text{си}}^2 + \varepsilon_{\text{др}}^2}.$$

Средством измерения в контрольно-измерительном приспособлении является измерительная головка рычажно-зубчатого типа 2ИГ с ценой деления 0,002 мм и диапазоном измерения $\pm 0,1$ мм. По таблице 2 погрешность средства измерения составляет $\varepsilon_{\text{си}} = 0,0024$ мм.

Таблица 2

Основные характеристики измерительной головки

Головки измерительные рычажно-зубчатые
Обозначение	Цена деления, мм	Диапазон измерения, мм	Погрешность измерения, мкм	Соответствие стандарту
	1ИГ	0,001	$\pm$ 0,05	1,4	ГОСТ 18833-73
	2ИГ	0,002	$\pm 0,10$	2,4	
	1ИГМ	0,001	$\pm 0,05$	1,4	
	2ИГМ	0,002	$\pm 0,10$	2,4	

Погрешность, зависящая от измерительной силы, составляет $\varepsilon_{ис}=0,001\text{мм}$.

Другие погрешности, вызванные действием случайных факторов, определяются по формуле

$$\varepsilon_{др} = (0,03 - 0,05) \cdot T_k. \quad (3)$$

где T_k - допуск на контролируемый параметр, 0,1 мм;

$$\varepsilon_{др} = 0,03 \cdot 0,1 = 0,003 \text{ мм},$$

$$\varepsilon_{изм} = \varepsilon_{ип} + \sqrt{\varepsilon_3^2 + \varepsilon_{ис}^2 + \varepsilon_{си}^2 + \varepsilon_{др}^2}, \quad (4)$$

$$\varepsilon_{изм} = 0,01 + \sqrt{0,001^2 + 0,0024^2 + 0,003^2} = 0,01397 \text{ мм}.$$

Проверяем условие пригодности данного приспособления, сравнивая полученное значение фактической погрешности измерения с небольшим допустимым значением. Фактическое значение должно быть меньше или равно допустимому значению, т.е.: $\varepsilon_{изм} \leq [\varepsilon_{изм}]$ т.е. $0,01397 \text{ мм} \leq 0,05 \text{ мм}$

Условие выполняется. Следовательно, данное контрольно-измерительное приспособление полностью удовлетворяет требованиям точности измерительной оснастки и может использоваться для выполнения контрольной операции.

Заключение.

Широкие возможности взаимодействия многих дисциплин и решение практических задач позволили нам в исследовании показать принцип решения математической задачи в разработке контрольно-измерительного приспособления. Было использовано контрольно-измерительное приспособление для проверки биения к нижней плоскости детали и произведен математический расчет фактической погрешности измерения.

1. Методы и средства измерений и контроля. Лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.В. Попов [и др.]. - Электрон. дан. - Воронеж: ВГУИТ, 2015. - 75 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/76252>. - Загл. с экрана.
2. В.В.Ерохин. Системы управления производственным процессом // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2017. – №2. – С.135-141.
3. Любимова, Г.А. Метрология, стандартизация и подтверждение качества [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.А. Любимова. - Электрон. дан. - Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2016. - 88 с. (ЭБС Лань). - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/76671>. - Загл. с
4. Зубарев, Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс]: учебник / Ю.М. Зубарев. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. – 320 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/61360>. – Загл. с экрана.
5. Безъязычный, В.Ф. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс]: учеб. / В.Ф. Безъязычный. - Электрон. дан. - Москва: Машиностроение, 2016. - 568 с. (ЭБС Лань). - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/107152>. - Загл. с экрана.