

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА РАБОТУ БИКАНАЛЬНОЙ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Квасников В.П., Баранов А.Г.

Введение

В современных условиях промышленного производства достаточно большое влияние на точность координатных измерений оказывают дестабилизирующие факторы.

Координатно-измерительные машины (КИМ) хотя и являются все еще дорогостоящим оборудованием, однако, являются высокоточными средствами измерения, повышающие качество продукции, за счет резкого снижения бракованных деталей попадающих на сборку, а также снижают стоимость контрольных операций.

Эффективность использования КИМ зависит не только от технических характеристик машины (скорость перемещения, точность измерения и т.д.), но и от условий в которых она эксплуатируется и обслуживается [1,2].

Постановка задачи

Определить оптимальные условия окружающей среды для проведения точных измерений и возможность гашения высокочастотных колебаний в опорах с газовой смазкой, а также виброопор.

Решение задачи

Погрешность измерения одним и тем же средством измерения могут колебаться в больших пределах и из-за температуры измеряемой детали. Изменение одного метра измеряемой детали при изменении температуры на 1°C ее размер изменится (увеличится) на 11,5 мкм для материала стали из которой делают концевые меры. В каждой стране издаются так называемые РТМ (руководящие технические материалы). На основании этих материалов производится эксплуатации всевозможного оборудования.

Нормальной температурой эксплуатации КИМ считается:

- температура $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$;
- температура в месте расположения машины $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$;
- отклонение температуры на протяжении 8 часов 2°C ;
- отклонение температуры внутри машины 1°C .

При измерении линейных размеров деталей с одинаковой во всем объеме температурой, отличной от $18^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}$, значительный положительный эффект для повышения точности измерений достигается компенсацией линейных температурных ее деформаций. Программное обеспечение ряда КИМ содержит функции компенсации температурных деформаций по вводимым данным о фактической температуре и о реальных коэффициентах линейного расширения измерительных линеек и деталей [3].

Обеспечение надлежащей окружающей среды для эксплуатации возлагается на пользователя машины. На пользователя возлагается ответственность за проведение испытаний по оценке воздействия окружающей среды на месте установки машины.

Таким образом, необходимо понимать, что указываемые погрешности для КИМ соответствуют всегда 20°C . За рубежом КИМы устанавливают иногда в производственных цехах и тогда для них устанавливают термостатированные кабины работающие в автоматическом режиме. Причем детали устанавливаются на специальные паллеты на части территории этих кабин, а затем специальным транспортным устройством направляются в рабочую зону для измерения на КИМ.

В связи с появлением прецизионных КИМ возникла необходимость в создании термоконстантных кабин с поддержанием температуры $20^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Это достигается за счет кондиционеров и специальной вентиляции.

КИМ не должна подвергаться воздействию прямого солнечного света или других источников лучистой энергии. Прочие источники лучистой энергии (например, люминесцентные лампы) по возможности должны быть удалены на расстояние не менее 10 длин наибольшей оси машины. Если эти требования по какой либо причине не приемлемы с практической точки зрения, следует применять не прямые источники света, а пользоваться рассеянным, отраженным светом с увеличенной оптической длиной дуги.

Другим дестабилизирующим фактором является вибрация. Для повышения точности перемещений и позиционирования рабочих органов КИМ, является применение направляющих с малой силой трения, которыми являются опоры с газовой смазкой.

Однако для успешного использования таких опор необходимо провести теоретические исследования влияния возбуждаемых колебаний на динамические характеристики узла трения с учетом упругих свойств контактной поверхности и внешних сил. Наиболее точные результаты дает исследование методом математического моделирования.

На рис.1 представлена динамическая модель опоры с газовой смазкой.

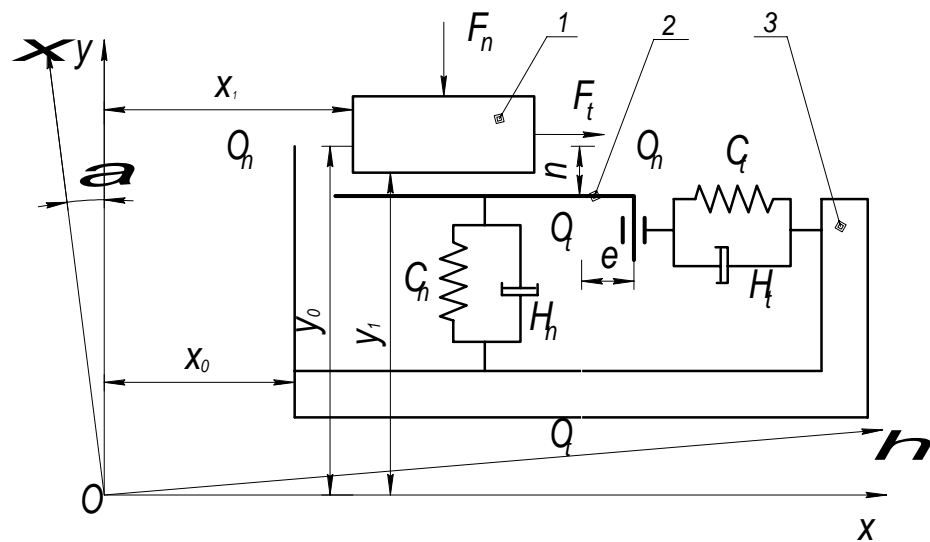


Рис. 1 Динамическая модель направляющих координатно-измерительной машины

Перемещающийся ползун 1 массой m движется по контактной поверхности 2 направляющих 3. На ползун действуют постоянная внешняя сила F_n , прижимающая его к контактной поверхности, и перпендикулярная ей постоянная сдвигающая сила F_t , приводящая ползун в движение.

Оси $O_n - O_n$ и $O_t - O_t$ являются положениями равновесия контактной поверхности 2 с ползуном 1 соответственно в нормальном и тангенциальном направлениях. Движение ползуна описывается координатами x_1 и y_1 . В общем случае направляющие совершают колебания η_0 и ξ_0 относительно осей $O\eta$ и $O\xi$, система координат которых $\eta O\xi$ повернута относительно системы координат xOy на угол α по закону

$$\begin{aligned} \eta_0 &= A \cdot \sin \omega t, \\ \xi_0 &= B \cdot \cos \omega t, \end{aligned} \tag{1}$$

где A, B – амплитуда возбуждаемых колебаний, ω – круговая частота возбуждаемых колебаний, t – время.

В этом случае координаты колебания направляющих

$$\begin{aligned} x_0 &= \eta_0 \cos \alpha - \xi_0 \sin \alpha, \\ y_0 &= \eta_0 \sin \alpha + \xi_0 \cos \alpha, \end{aligned} \tag{2}$$

где x_0, y_0 – моментная амплитуда возбуждения направляющих, η_0, ξ_0 – моментная амплитуда возбуждаемых колебаний.

В зависимости от характера движения ползуна возможны два режима его работы: движение ползуна со скольжением над контактной поверхностью, происходящее при условии

$$y_0 = y_1 + n, \quad (3)$$

где y_1 – координата ползуна, n – координата контактной поверхности, и описываемое системой дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} m\ddot{x}_1 + F_{TP}(v_{12}) = F_t, \\ m\ddot{y}_1 + P_n = -F_n, \\ -F_{TP}(v_{12}) + P_t = 0, \end{cases} \quad (4)$$

где m – масса ползуна, x_1, y_1 – координата ползуна, $F_{TP}(v_{12})$ – сила трения ползуна, v_{12} – скорость перемещения ползуна относительно контактной поверхности, F_t, F_n – внешние силы, P_n, P_t – силы деформации контактной поверхности, движение ползуна со скольжением над контактной поверхностью с большим отрывом возникшим, в следствии, интенсивности возбуждаемых колебаний

$$y_0 \leq y_1 + n, \quad (5)$$

и описывается системой дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} m\ddot{x}_1 = F_t, \\ m\ddot{y}_1 = -F_n, \\ P_n = 0, \\ P_t = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Если нормальные и тангенциальные силы в системах дифференциальных уравнений (4) и (6) принимаются в виде

$$P_n = H_n(\dot{y}_1 - \dot{y}_0) + C_n(y_1 - y_0), \quad (7)$$

$$P_t = H_t \dot{e} + C_t e, \quad (8)$$

где H_n, H_t – вязкое сопротивление, C_n, C_t – контактная жесткость, e – координата контактной поверхности,

сила трения между ползуном и контактной поверхностью

$$F_{TP}(v_{12}) = P_n f_0 \text{sign } v_{12} + f_1 v_{12}, \quad (9)$$

где f_0, f_1 – коэффициенты трения,

а скорость ползуна относительно контактной поверхности определяется по уравнению

$$v_{12} = \dot{x}_1 - (\dot{x}_0 + \dot{e}). \quad (10)$$

Тогда уравнения (2), (7) – (10) принимают вид:

$$P_n = h_n (y'_1 - y'_0) + (y_1 - y_0),$$

$$P_t = h_t e' + e,$$

$$F_{TP}(v_{12}) = P_n f_0 \text{sign } v_{12} + \gamma^{1/2} f_1 v_{12},$$

$$v_{12} = x'_1 - x'_0 - e',$$

$$x_0 = k_A A \sin k_v \tau v_x \cos \alpha - k_B B \cos \tau v_y \sin \alpha,$$

$$y_0 = k_A A \sin k_v \tau v_x \sin \alpha + k_B B \cos \tau v_y \cos \alpha,$$

где h_n, h_t – коэффициенты сопротивления, k_A, k_B – коэффициенты амплитуды колебания, τ – безразмерное время.

Рассмотрим динамические характеристики системы. Основной временной характеристикой системы в установившемся виброударном режиме движения является время его скольжением над контактной поверхностью с большим отрывом τ_k , характеризуемое соотношением [4]

$$\Delta_{\tau} = \frac{\tau_k}{pT} = \frac{\tau_k}{\tau_k + \tau_0},$$

где p – целые периоды возбуждаемых колебаний, T – период возбуждаемых колебаний, τ_k , τ_0 – безразмерное время движения ползуна с отрывом и большим отрывом.

Увеличение Δ_{τ} за период установившегося движение ползуна свидетельствует об увеличении времени его движения над контактной поверхностью с большим отрывом, что является причиной снижения силы трения. Наибольшее сокращение времени Δ_{τ} происходит при резонансных колебаниях ползуна, что объясняется резким возрастанием амплитуды его бесконтактного движения.

Опорная поверхность (пол, фундамент, изолирующая подушка и т.д.) на которую устанавливают машину, под воздействием внешних сил, возникающих в непосредственном окружении машины, может оказывать вредное влияние на общую точность измерения и повторяемость (особенно на зазор датчиков положения и величину аэростатического зазора воздушных опор). Типовая схема фундамента под КИМ приведена на рис.2.

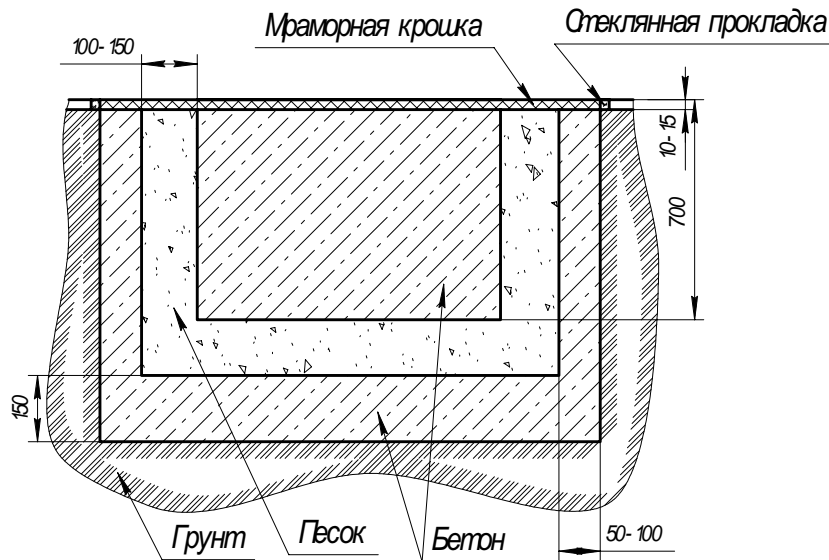


Рис. 2 Типовая схема фундамента для КИМ

Оператор-метролог проводящий измерения отвечает за выбор места эксплуатации КИМ и обязан предоставить производителю машины характеристики амплитуды, частоты колебаний верхней поверхности фундамента и место расположения КИМ.

Для биканальной КИМ [5, 6] усилие на шуп машины второго канала измерения не должно превышать 30 г. При этом, в момент контакта шупа (шарика) с деталью в течении 2-5 секунд перемещения шупа должны отсутствовать. Все механизмы фиксации перемещений по координатам должны быть разблокированы. Максимальный уход показаний перемещения следует считать амплитудой вибрации машины по данной оси. Испытания проводить по каждому из объединенных направлений КИМ. Допустимая амплитуда 1 мкм РР (смещение) для частоты колебаний менее 10 Hz.

Относительная влажность для системы компьютера, структуры машины и материалов из которых она изготовлена, должна быть в пределах 50%±20%.

Вывод

Проанализировано влияния дестабилизирующих факторов на работу биканальной координатно-измерительной машины. Описаны оптимальные условия работы машины необходимые для проведения точных измерений. А также определено, что стабильность скорости перемещения ползуна является функцией частоты возбуждаемых колебаний и

мало зависит от параметров системы. Наибольшая плавность перемещения достигается при возбуждении частотой, превышающей резонансную.

The necessary optimum terms for conducting of the exact measurements of multichannel coordinate-measuring machine are described in the article , it is shown, that stability of speed of moving of slide-block is the function of frequency of the excited vibrations and small depends of the parameters of the system.

1. Сазыкин В.Т. Формирование основных требований к новому поколению автоматизированных систем управления // Промышленная энергетика. – 1995. – №8. – С. 19-24.
2. Квасніков В.П. Оптимальне керування процесом гасіння коливань базової частини трикоординатної інформаційно-вимірювальної системи // Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. – 2003. – №13. – С. 120–123.
3. Гапшис В.–А.А., Каспарайтис А.Ю., Модестов М.Б., Раманаускас В.–З.А., Серков Н.А., Чудов В.А. Координатные измерительные машины и их применение. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.
4. Трение, изнашивание и смазка. Справочник. Т.2 /Под ред. И.В.Крагельского, В.В.Алишина. М., 1979. – С.14.
5. Способ измерения формы поверхности детали: А.с. 1753237 СССР, МКИ G 01 В 5/20 / Г.А. Баранов, Р.А. Абубекеров и А.Г. Баранов. – № 4802290/28; Заявлено 18.01.90; Оpubл. 07.08.92. Бюл. № 2. – С.4.
6. Баранов О.Г. Оцінка погрешності 2-х канальної координатно-вимірювальної машини // Вісник ЧІТІ. – 2001. – № 1. – С.18–20.