

Т. Г. ШЕВЧЕНКО

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ОПОРНЫХ РОЛИКОВ НА ТОЧНОСТЬ УСТАНОВКИ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ

Геодезическое обеспечение ремонта вращающейся печи заключается в проверке прямолинейности оси вращения, а также в контроле взаимного расположения деталей и узлов печи. Базовыми поверхностями для измерений служат чаще всего наружные поверхности катания бандажей [2] или опорных роликов [1]. В число исходных данных для контроля входят значения диаметров бандажей и опорных роликов.

Форма поверхностей катания бандажей и роликов, находящихся в эксплуатации, как правило, отличается от круговой цилиндрической. При этом отклонения диаметра от номинального размера в различных местах ролика могут быть соизмеримы с допустимыми отклонениями оси вращения печи от прямолинейности. Поэтому ошибки исходных данных могут оказывать существенное влияние как на точность контрольных измерений, так и на точность установки вращающейся печи. Если форма поверхности катания опорного ролика известна, то соответствующей постановкой измерений можно значительно ослабить влияние этой ошибки.

Исследования [2] показали, что, как правило, от круговой цилиндрической отличается форма поверхностей катания тех роликов, оси которых непараллельны оси вращения печи. Причем, установленные таким образом ролики составляют около 70% от общего количества роликов вращающихся печей.

Наиболее благоприятными условиями для долговечной работы пары бандаж-ролик является линейная форма контакта между их поверхностями катания. Если поверхности катания обеих деталей круговые цилиндрические, то линейной формы контакта между ними можно достичь путем установки осей роликов параллельно оси вращения печи. Перекос оси ролика относительно оси вращения печи, задаваемый значениями перемещений подшипников ролика, ведет к изменению угла наклона оси ролика в проекции

на вертикальную плоскость. Вследствие этого линейный контакт двух цилиндрических тел превращается в точечный. Линейный контакт между двумя телами с пересекающимися осями возможен лишь в том случае, когда поверхность одного из них является гиперboloидом вращения. Поскольку диаметр бандажа более чем в 3 раза больше диаметра ролика, а изготовлены они примерно из одинакового материала, то при работе вращающейся печи гиперboloидальную форму приобретает, изнашиваясь, опорный ролик. Зависимости для определения размеров опорного ролика гиперboloидальной формы в том случае, когда горловое сечение гиперboloида находится в пределах его длины, получены в [3].

С целью повышения точности контроля и установки вращающейся печи следует определить форму участка гиперboloида, ограниченного габаритными размерами ролика. Положим, что круговой цилиндрический бандаж линейно контактирует с опорным роликом. При этом оси бандажа и ролика являются непересекающимися прямыми. Поместим начало O системы XYZ в центре бандажа, начало O_1 системы $x_1y_1z_1$ в центре ролика. Ось Ox совпадает с осью ролика, а ось O_1y — горизонтальна (см. рисунок). Координаты точки O_1 в системе XYZ таковы:

$$X=0; Y=\frac{L_0}{2}; Z=\frac{L_0}{2} \operatorname{ctg} 30^\circ. \quad (1)$$

Пространственный угол разворота оси ролика разложим на его горизонтальную γ_1 и вертикальную ψ проекции.

В системе XYZ уравнение наружной цилиндрической поверхности бандажа

$$Y^2 + Z^2 = R_6^2, \quad (2)$$

а уравнения оси ролика

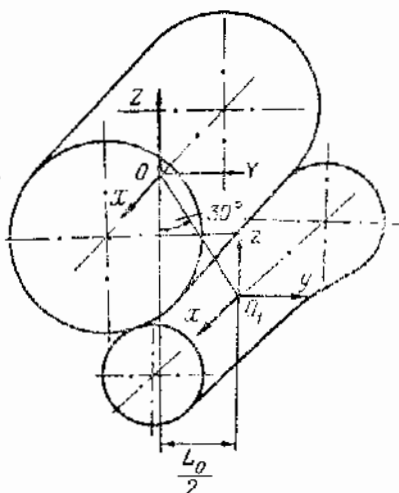
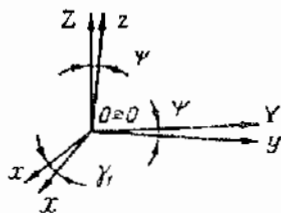


Схема взаимного расположения деталей опорного узла вращающейся печи.

$$Y = \frac{L_0}{2} X \operatorname{tg} \gamma_1; \quad Z = -\frac{L_0}{2} \operatorname{ctg} 30^\circ - \frac{X}{\cos \gamma_1} \operatorname{tg} \psi. \quad (3)$$

Формулы преобразования прямоугольных координат в данном случае запишем так:

$$X = x \cdot \cos \psi \cos \gamma_1 + Y \sin \gamma_1 + Z \sin \psi \cos \gamma_1;$$

$$Y = -x \cdot \cos \psi \sin \gamma_1 + Y \cos \gamma_1 - Z \sin \psi \sin \gamma_1 + \frac{L_0}{2};$$

$$Z = -x \cdot \sin \psi + z \cos \psi - \frac{L_0}{2} \operatorname{ctg} 30^\circ, \quad (4)$$

$$x = X \cdot \cos \psi \cdot \cos \gamma_1 - \left(Y - \frac{L_0}{2}\right) \cos \psi \cdot \sin \gamma_1 - \left(Z + \frac{L_0}{2} \operatorname{ctg} 30^\circ\right) \sin \psi;$$

$$y = X \cdot \sin \gamma_1 + Y \cdot \cos \gamma_1 - \frac{L_0}{2};$$

$$z = X \cdot \sin \psi \cdot \cos \gamma_1 + \left(Y - \frac{L_0}{2}\right) \sin \psi \cdot \sin \gamma_1 + \\ + \left(Z + \frac{L_0}{2} \operatorname{ctg} 30^\circ\right) \cos \psi. \quad (5)$$

Подставляя (4) в (2) и (5) в (3), получим уравнения цилиндрической поверхности бандаж и оси ролика соответственно в системе xyz . Для описания формы поверхности ролика следует обкатать по нему бандаж. Связь неподвижной системы координат xyz с подвижной $x'y'z'$ можно выразить через угол поворота бандаж φ_6 в виде

$$x = x'; \quad y = y' \cos \varphi_6 + z' \sin \varphi_6; \quad z = -y' \sin \varphi_6 + z' \cos \varphi_6. \quad (6)$$

При этом уравнение цилиндрической поверхности бандаж будет иметь вид

$$\left[-x' \cos \varphi_6 - \sin \gamma_1 + (y' \cos \varphi_6 + z' \sin \varphi_6) \cos \gamma_1 - \right. \\ \left. - (y' \sin \varphi_6 + z' \cos \varphi_6) \sin \psi \sin \gamma_1 + \frac{L_0}{2} \right]^2 + \left[-y' \sin \psi + \right. \\ \left. + (-y' \sin \psi + z' \cos \varphi_6) - \frac{L_0}{2} \operatorname{ctg} 30^\circ \right]^2 = R_6^2. \quad (7)$$

Поскольку образующая ролика является одновременно и образующей бандаж, координаты x' , y' , z' можно заменить на x , y , z . Произведя замену и дифференцируя (7) по φ_6 , получим уравнение линии касания бандаж и ролика. При $\varphi_6 = 0$ оно имеет вид

$$\begin{aligned} & \left(-x \cdot \cos \psi \sin \gamma_1 + y \cos \gamma_1 - z \sin \psi \sin \gamma_1 - \frac{L_0}{2} \right) \times \\ & \quad \times (z \cos \gamma_1 + y \sin \psi \sin \gamma_1) + \\ & \quad + \left(-x \sin \psi + z \cos \psi - \frac{L_0}{2} \operatorname{ctg} 30^\circ \right) y \cdot \cos \psi = 0. \end{aligned} \quad (8)$$

Уравнение той же линии в системе XYZ после преобразований представим как

$$\begin{aligned} & Y^2 + Z^2 - R_0^2, \\ & Y \left\{ x \operatorname{tg} \psi + \frac{L_0}{2} \left[\operatorname{ctg} 30^\circ \cos \gamma_1 + \operatorname{tg} \psi \sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 - 1) \right] + \right. \\ & \quad + Z \left\{ \frac{L_0}{2} [\cos^2 \gamma_1 (\cos \gamma_1 - 1) + 1] - X \sin \gamma_1 \right\} + \\ & \quad + \frac{L_0}{2} (\cos \gamma_1 - 1) \left\{ X \operatorname{tg} \psi + \frac{L_0}{2} [\cos \gamma_1 \cdot \operatorname{ctg} 30^\circ + \right. \\ & \quad \left. \left. + \operatorname{tg} \psi \sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 - 1) \right] \right\} = 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Задаваясь координатой точки $K(X_K)$ на линии касания можно найти две другие координаты точки K — Y_K и Z_K .

Выражение (9) представим в виде

$$Y_K^2 + Z_K^2 - R_0^2; \quad AY_K + BZ_K = C,$$

где

$$\begin{aligned} A &= X \operatorname{tg} \psi + \frac{L_0}{2} [\operatorname{ctg} 30^\circ \cos \gamma_1 \operatorname{tg} \psi \sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 - 1)]; \\ B &= \frac{L_0}{2} [\cos^2 \gamma_1 (\cos \gamma_1 - 1) + 1] - X \sin \gamma_1; \\ C &= \frac{L_0}{2} (\cos \gamma_1 - 1) \left\{ X \operatorname{tg} \psi + \right. \\ & \quad \left. + \frac{L_0}{2} [\cos \gamma_1 \cdot \operatorname{ctg} 30^\circ \operatorname{tg} \psi \sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 - 1)] \right\}. \end{aligned} \quad (10)$$

Координаты точек Y_K и Z_K линии касания находим из решения системы уравнений (10)

$$\begin{aligned} Y_K &= \frac{AC + B \sqrt{R_0^2 (A^2 + B^2) - C^2}}{A^2 + B^2}; \\ Z_K &= \frac{BC - A \sqrt{R_0^2 (A^2 + B^2) - C^2}}{A^2 + B^2}. \end{aligned} \quad (11)$$

Форму ролика в системе $x y z$ определим согласно (5). В сечении, перпендикулярном оси $O_1 x$, получаем окружность, причем связь между координатами x_K и y_K выразим равенством

$$y^2 + z^2 = y_K^2 + z_K^2. \quad (12)$$

Принимая во внимание (5) со значениями x_K и y_K , получим уравнения поверхности ролика в системе $x y z$. При этом уравнения сечения поверхности ролика плоскостью, проходящей через ось вращения ($z=0$), имеют вид

$$\begin{aligned} y = & \sqrt{\left(X_K \sin \gamma_1 + Z_K \cos \gamma_1 - \frac{L_0}{2}\right)^2 + \left[X_K \sin \psi \cos \gamma_1 - \right. \\ & \left. - \left(Y_K - \frac{L_0}{2}\right) \sin \psi \sin \gamma_1 + \left(Z_K + \frac{L_0}{2} \operatorname{ctg} 30^\circ\right) \cos \psi\right]^2}. \\ x = & X_K \cos \psi \cos \gamma_1 - \left(Y_K - \frac{L_0}{2}\right) \cos \psi \sin \gamma_1 - \\ & - \left(Z_K + \frac{L_0}{2} \operatorname{ctg} 30^\circ\right) \sin \psi. \end{aligned} \quad (13)$$

С целью определения параметров, входящих в (13) и (11), была составлена программа для ЭЦВМ. Анализ полученных данных показал, что более существенное влияние на изменение геометрических параметров поверхности катания опорного ролика оказывает угол ψ . Форма расчетных поверхностей катания близка к находящимся в эксплуатации.

С целью повышения точности контроля необходимо производить измерения диаметров ролика минимум через 200 мм по его длине. Причем за исходные данные для контроля и наладки следует принимать наименьший из диаметров.

Список литературы: 1. Гребенюк В. Г., Савченко А. А., Шевченко Т. Г. К выверке вращающихся цементных печей геодезическими методами. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1980, вып. 31. 2. Кузьо И. В., Микольский Ю. Н., Шевченко Т. Г. Современные методы контроля установки оборудования. — Львов: Виша школа, 1982. 3. Шевченко Т. Г., Микольский Ю. Н., Кузьо И. В. К определению формы опорных роликов вращающейся пени. — В кн.: Доклады и научные сообщения. Львов, 1975, вып. 5.