

В. Г. ГРЕБЕНЮК, А. А. САВЧЕНКО, Т. Г. ШЕВЧЕНКО

ВЫВЕРКА ВРАЩАЮЩИХСЯ ЦЕМЕНТНЫХ ПЕЧЕЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Осью вращения печи принято называть линию, соединяющую центры поперечных сечений подбандажных обечаек. Непрямолинейность оси вращения зависит главным образом от расположения опорных роликов.

Контроль оси вращения печи состоит в нахождении положения центров поперечных сечений подбандажных обечаек относительно прямой линии, для которой известна привязка к линии общего положения, зафиксированной реперами на опорах. Обычно эта линия соединяет центры двух поперечных сечений подбандажных обечаек разных опор вращающейся печи.

Положение опорных роликов проверяют, определяя положение их осей относительно названной линии.

Исходные данные для контроля искривлений оси вращения печи — диаметры бандажей и опорных роликов, расстояния между осями опорных роликов, полученные в плоскости измерений, а также зазор между внутренней поверхностью бандаж и наружной поверхностью подбандажных прокладок. Плоскостью измерений будем называть плоскость, в которой измеряют диаметры бандажей и роликов и расстояния между роликами, перпендикулярную оси вращения печи на данной опоре. В общем случае оси опорных роликов и ось бандаж представляют собой перекрещивающиеся прямые. Обозначим K и N точки пересечения плоскости измерений с осями роликов (рис. 1). Плоскость YOZ совместима с плоскостью измерений. Ось OX проходит через центры сечений подбандажных обечаек двух опор печи. Отрезок AB — часть оси одного из роликов, заключенная между его торцами, CD — то же другого ролика.

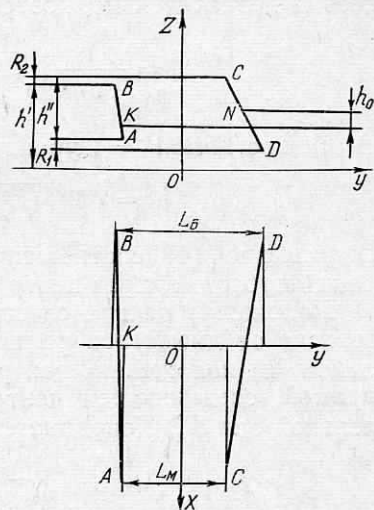


Рис. 1. Схема взаимного расположения осей опорных роликов.

Расстояния между точками K и N

$$L_0 = \sqrt{(X_K - X_N)^2 + (Y_K - Y_N)^2 + (Z_K - Z_N)^2}. \quad (1)$$

Точки K и N делят отрезки AB и CD в отношении λ , тогда:

$$X_K = \frac{X_B + \lambda X_A}{1 + \lambda}; \quad Y_K = \frac{Y_B + \lambda Y_A}{1 + \lambda}; \quad Z_K = \frac{Z_B + \lambda Z_A}{1 + \lambda};$$

$$X_N = \frac{X_D + \lambda X_C}{1 + \lambda}; \quad Y_N = \frac{Y_D + \lambda Y_C}{1 + \lambda}; \quad Z_N = \frac{Z_D + \lambda Z_C}{1 + \lambda};$$

и выражение (1) примет вид

$$L_0 = \sqrt{\left(\frac{X_B + \lambda X_A}{1 + \lambda} - \frac{X_D + \lambda X_C}{1 + \lambda}\right)^2 + \left(\frac{Y_B + \lambda Y_A}{1 + \lambda} - \frac{Y_D + \lambda Y_C}{1 + \lambda}\right)^2 + \left(\frac{Z_B + \lambda Z_A}{1 + \lambda} - \frac{Z_D + \lambda Z_C}{1 + \lambda}\right)^2}.$$

Обозначим через L_B проекцию на ось OY большего расстояния между одноименными концами (верхними или нижними) от-

Исходные данные для контроля искривлений оси вращения печи — диаметры бандажей и опорных роликов, расстояния между осями опорных роликов, полученные в плоскости измерений, а также зазор между внутренней поверхностью бандажа и наружной поверхностью подбандажных прокладок. Плоскостью измерений будем называть плоскость, в которой измеряют диаметры бандажей и роликов и расстояния между роликами, перпендикулярную оси вращения печи на данной опоре. В общем случае оси опорных роликов и ось бандажа представляют собой пересекающиеся прямые. Обозначим K и N точки пересечения плоскости измерений с осями роликов (рис. 1). Плоскость YOZ совместима с плоскостью измерений. Ось OX проходит через центры сечений подбандажных обечаек двух опор печи. Отрезок AB — часть оси одного из роликов, заключенная между его торцами, CD — то же другого ролика.

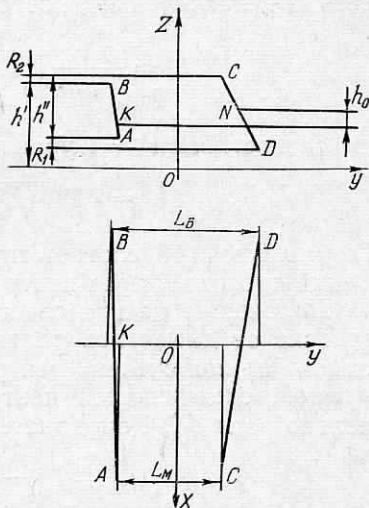


Рис. 1. Схема взаимного расположения осей опорных роликов.

Расстояния между точками K и N

$$L_0 = \sqrt{(X_K - X_N)^2 + (Y_K - Y_N)^2 + (Z_K - Z_N)^2}. \quad (1)$$

Точки K и N делят отрезки AB и CD в отношении λ , тогда:

$$X_K = \frac{X_B + \lambda X_A}{1 + \lambda}; \quad Y_K = \frac{Y_B + \lambda Y_A}{1 + \lambda}; \quad Z_K = \frac{Z_B + \lambda Z_A}{1 + \lambda};$$

$$X_N = \frac{X_D + \lambda X_C}{1 + \lambda}; \quad Y_N = \frac{Y_D + \lambda Y_C}{1 + \lambda}; \quad Z_N = \frac{Z_D + \lambda Z_C}{1 + \lambda};$$

и выражение (1) примет вид

$$L_0 = \sqrt{\left(\frac{X_B + \lambda X_A}{1 + \lambda} - \frac{X_D + \lambda X_C}{1 + \lambda}\right)^2 + \left(\frac{Y_B + \lambda Y_A}{1 + \lambda} - \frac{Y_D + \lambda Y_C}{1 + \lambda}\right)^2 + \left(\frac{Z_B + \lambda Z_A}{1 + \lambda} - \frac{Z_D + \lambda Z_C}{1 + \lambda}\right)^2}.$$

Обозначим через L_B проекцию на ось OY большего расстояния между одноименными концами (верхними или нижними) от-

резков осей роликов, а через L_M — меньшего. Как видно из рис. 1, выражение (1) можно представить в виде

$$L_0 = \frac{1}{1+\lambda} \sqrt{(\lambda X_A - X_C)^2 + (L_6 + \lambda L_M)^2 + (h' - \lambda h'')^2}. \quad (2)$$

Первое слагаемое под знаком радикала в несколько раз меньше второго и третьего слагаемых. Влияние его на величину L_0 весьма незначительно, поэтому им пренебрегаем

$$L_0 = \frac{1}{1+\lambda} \sqrt{(L_6 + \lambda L_M)^2 + (h' - \lambda h'')^2}. \quad (3)$$

В частности, при $\lambda=1$ уравнение (3) имеет вид

$$L_0 = 1/2 \sqrt{(L_6 + L_M)^2 + (h' - h'')^2}. \quad (4)$$

Выражение (4) соответствует случаю, когда плоскость измерений проходит через центр ролика.

Положение центра сечения бандажа в плоскости измерений зависит от диаметров роликов и бандажа, положения осей роликов и положения центра сечения бандажа относительно прямой, соединяющей центры сечения двух бандажей, параллельной оси OX . Координаты O' относительно O (рис. 2)

$$Y = Y' - Y_1; \quad Z = Z_1 + Z', \quad (5)$$

где

$$Y_1 = (R_6 + r_2) \cos \times \left[\arccos \frac{(R_6 + r_2)^2 + L_0^2 - (R_6 + r_1)^2}{2L_0(R_6 + r_2)} - \arctg \frac{h_0}{L_0} \right]; \quad (6)$$

$$Z_1 = (R_6 + r_2) \sin \times \left[\arccos \frac{(R_6 + r_2)^2 + L_0^2 - (R_6 + r_1)^2}{2L_0(R_6 + r_2)} - \arctg \frac{h_0}{L_0} \right], \quad (7)$$

$$L_0 = \frac{L_6 + \lambda L_M}{1 + \lambda}, \quad h_0 = \frac{h' - \lambda h''}{1 + \lambda};$$

r_1, r_2 — радиусы роликов; Y_1 и Z_1 — координаты точки оси ролика в плоскости измерений; R_6 — радиус бандажа.

Для определения положения центра сечения подбандажной обечайки необходимо учесть подбандажный зазор.

Измерение диаметров бандажей и роликов производится либо геодезическими методами [1], либо с помощью специальных приборов [3]. Зазор между внутренней поверхностью бандажа и подбандажными прокладками измеряют инструментом АИЗ-50Р [2].

Проекции отрезков осей роликов на оси OY и OZ определяют при помощи разработанного нами устройства, схема которого

показана на рис. 3. Примерно напротив центров торцов роликов с одноименной стороны на плитах 7 устанавливают стойки 6, а в верхней части стойки — поворотный измерительный рычаг 1, который может занимать три фиксированных положения: горизонтальное левое и правое и вертикальное.

По направляющей 4 перемещается ползун 3 с размещенной в нем зрительной трубой нивелира или теодолита 2.

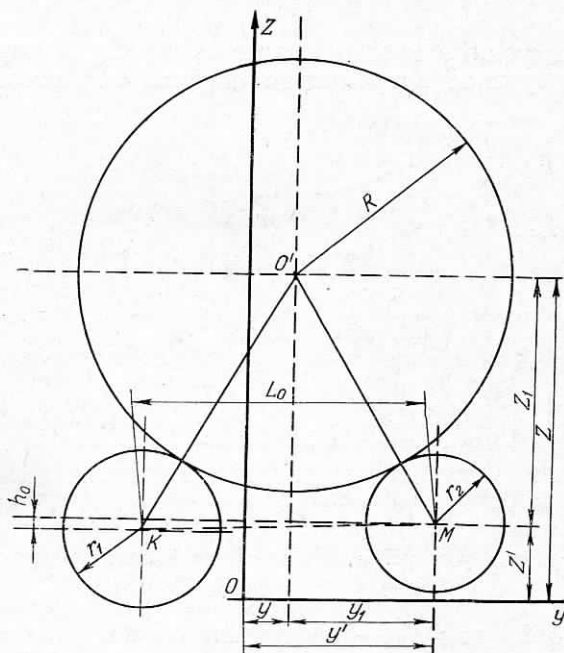


Рис. 2. Схема взаимного расположения опорных роликов и бандажа.

Крепление направляющей и фиксированное положение рычага обеспечивают горизонтальное и вертикальное перемещение зрительной трубы. Длина рычага несколько больше радиуса опорных роликов. Начало системы отсчета 1 находится на определенном расстоянии от оси вращения рычага. Точность отсчета системы соответствует точности штангенциркуля (0,05 мм).

На торцевых поверхностях роликов наносятся метки или яркие пятна.

Измерительные рычаги стоек устанавливают в одно из горизонтальных положений. Гнездо с зрительной трубой передвигают по направляющей до тех пор, пока вертикальная нить сетки нитей не станет касательной к окружности, описываемой крайней точкой пятна, нанесенного на торце ролика. Отсчеты b и b_1 фиксируют по отсчетной линейке. Измерительные рыча-

ги переводят во второе горизонтальное положение и по отсчетной линейке фиксируют отсчеты b' и b_1' .

$$L_{б, м} = l + \left[\frac{c + b' - b}{2} - (a - b) \right] - \left[-\frac{c + b_1' - b_1}{2} + (a - b_1) \right], \quad (8)$$

где l — расстояние между осями вращения измерительных рычагов, измеренное нутромером специальной конструкции с

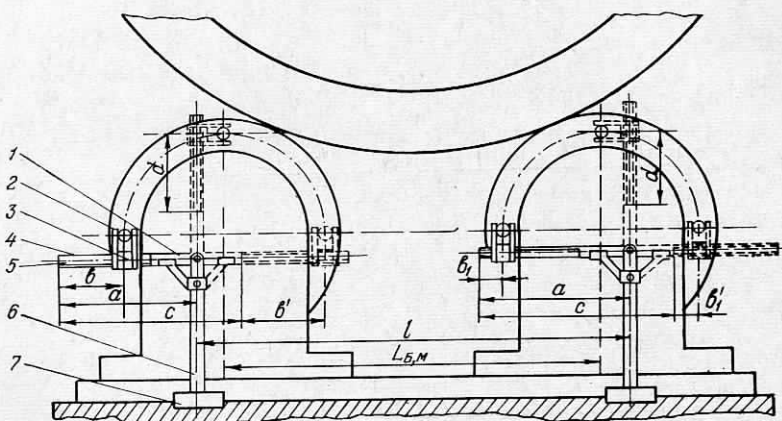


Рис. 3. Установка устройства для контроля взаимного расположения осей опорных роликов.

точностью до 0,1 мм; K_0 — расстояние от «0» отсчетной линейки до центра вращения рычага; K_2 — расстояние от «0» отсчетной линейки в одном горизонтальном положении до «0» отсчетной линейки во втором горизонтальном положении рычага.

После упрощений уравнение (8) примет следующий вид:

$$L_{б, м} = l + \frac{-b - b' + b_1 + b_1'}{2}. \quad (9)$$

Для определения вертикальной проекции расстояния между осями роликов рычаги обеих стоек устанавливают вертикально, а горизонтальные нити сеток нитей зрительных труб — касательными к траекториям, которые описывают крайние внешние точки пятен в верхнем положении. Тогда

$$h'' = d - d_1 + \frac{b - b_1 + b_1' - b_1}{2}, \quad (10)$$

где h' , h'' — превышение центров торцов роликов друг над другом; d и d_1 — отсчеты по линейкам первой и второй стоек соответственно.

Для определения величин $L_{м, б}$, h'' , h' необходимо установить стойки с измерительными рычагами у противоположных концов роликов и провести описанные выше операции. Установочные поверхности плит лежат попарно в одной горизонтальной плоскости, поэтому величины h'' и h' определяют, сравнивая высоты центров вращения измерительных рычагов и плоскостей плит друг относительно друга.

Установку плит в одной плоскости можно контролировать с помощью геометрического либо гидростатического нивелирования.

Вертикальность оси стойки обеспечивается конструкцией плит и стоек или натяжными механизмами.

Чтобы найти положение оси вращения печи, устанавливают стойки с рычагами напротив пары роликов одной из опор печи, определяют величины $L_{б, м}$, h' или h'' , измеряют при помощи рычагов диаметры роликов у торца (при невозможности применения других способов измерений) и диаметр бандажа (по возможности ближе к краю со стороны установки стоек).

Величины Y_{1_0} и Z_{1_0} определяют согласно формулам (6) и (7). Стойки с рычагами устанавливают у торцов роликов любой другой опоры и производят описанные выше измерения. Определяют величины Y_{i+1} и Z_{i+1} . Сравнивая Y и Y_{i+1} , Z и Z_{i+1} , получают значение непараллельности линии, соединяющей центры базовых сечений бандажей (подбандажных обечаек) линии общего положения, зафиксированной на опорах, во втором базовом сечении. Коррекцию этой линии производят до параллельности во всех местах установки стоек и определяют непараллельность одной из осей опорных роликов первого базового поперечного сечения откорректированной прямой общего положения. Для этого у противоположных концов роликов устанавливают стойки и получают значения Y_k и Z_k измеренные с разных концов роликов. Выбрав плоскость измерений, находят значение коррекции смещения первого базового сечения в плоскость измерений диаметров роликов и бандажей. В плоскости измерений определяют величины L_{0_k} , h_{0_k} ; Y_{1_k} , Z_{1_k} и, наконец, Y_k и Z_k согласно формулам (5), (6) и (7).

Проведя те же операции на второй базовой опоре, можно провести вторую (уточненную) коррекцию линии общего положения. Относительно ее определяют положение оси вращения и осей опорных роликов. Испытания первого образца устройств были проведены на Здолбуновском цементно-шиферном и Николаевском цементно-горном комбинатах.

Средние квадратические погрешности определения искривлений оси вращения печи с помощью описанного устройства составляют в горизонтальной плоскости $m_T = \pm 1,49$ мм, в вертикальной $m_B = \pm 1,62$ мм.

Список литературы: 1. Асташенков Г. Г. Геодезические измерения диаметров бандажей вращающихся печей. — Изв. вузов. Строительство и архи-

тектура, 1966, № 1. 2. *Микольский Ю. Н.* Выверка и центровка промышленного оборудования. — Киев: Будівельник, 1970. 3. *Трутенъ Б. А.* Экспериментальные исследования однооборотного прибора. — Тр. Красноярск. с.-х. ин-та, 1960, т. 12.

Работа поступила в редколлегию 15 января 1979 года. Рекомендована кафедрой геодезии Львовского политехнического института.
