

Т. Г. ШЕВЧЕНКО, С. Г. ХРОПОТ, С. П. ВЕРГЕЛЕС

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПОЛОЖЕНИЯ РОЛИКОВЫХ ОПОР ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ

Геодезический контроль прямолинейности рабочих осей агрегатов непрерывного производства типа спекальных или обжиговых печей осуществляют с помощью специальных измерительных устройств. Информацию о значениях отклонений от прямолинейности получают, как правило, косвенным путем. При этом возникает необходимость определения размеров деталей опорных узлов подбандажных зазоров, диаметров бандажей и роликов, взаимного расположения осей опорных роликов и т. п. [2, 6]. Наибольшие трудности возникают при определении взаимного расположения опорных роликов, поскольку измерения ведутся обычно в стесненных во времени и пространстве условиях. Применять контактные средства измерений сложно из-за необходимости вскрывать крышки подшипников опорных роликов [4, 5]. Известное бесконтактное устройство для измерения взаимного расположения осей опорных роликов [1] наряду с преимуществами имеет и недостатки. Последние связаны, например, с трудностью определения вертикальной и горизонтальной проекции расстояния между осями.

Предлагаемый метод и устройство для геодезического контроля положения роликовых опор вращающихся печей, на наш взгляд, более эффективны. Метод заключается в определении отклонений от прямолинейности рабочей оси вращающейся печи посредством сравнения действительных и расчетных координат точек оси относительно опорной прямой, закрепляемой на фундаментах печи. Необходимые для этого размеры — диаметры опорных роликов и расстояния между их осями находят бесконтактным способом.

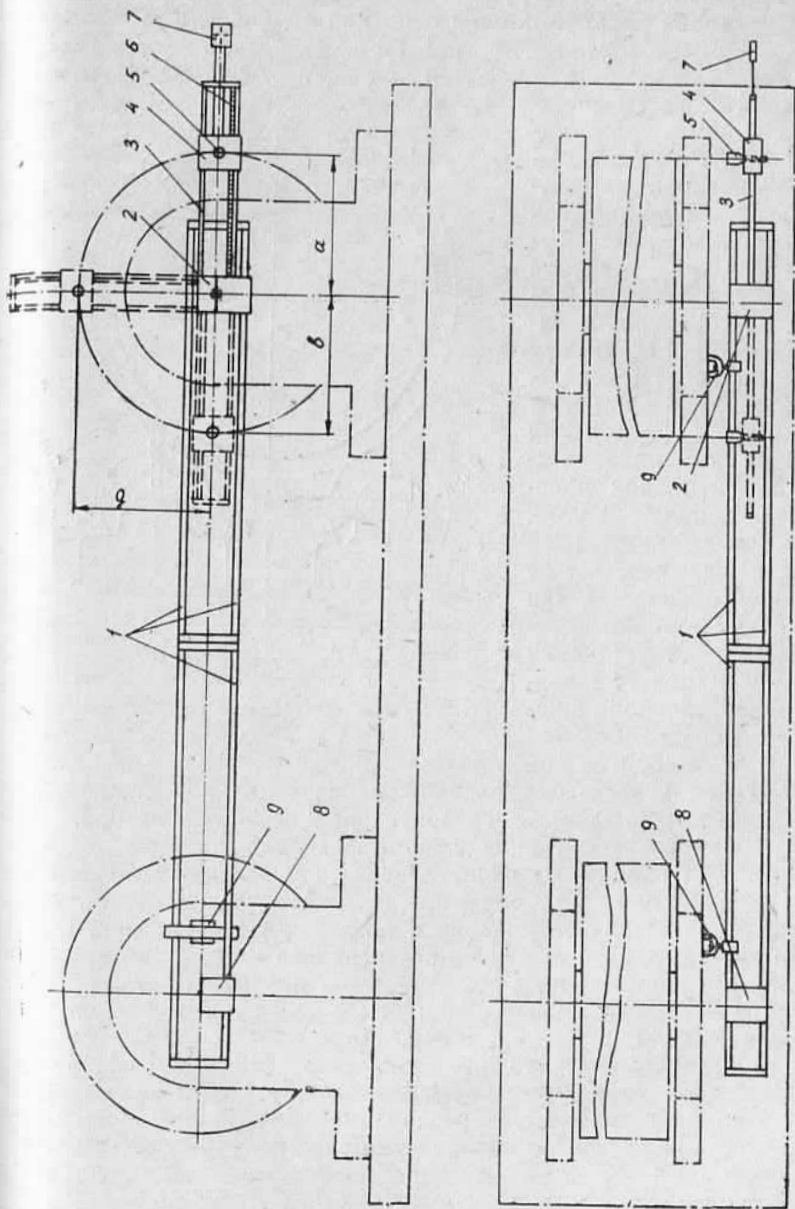


Рис. 1. Схема устройства для измерения взаимного положения осей опорных роликов.

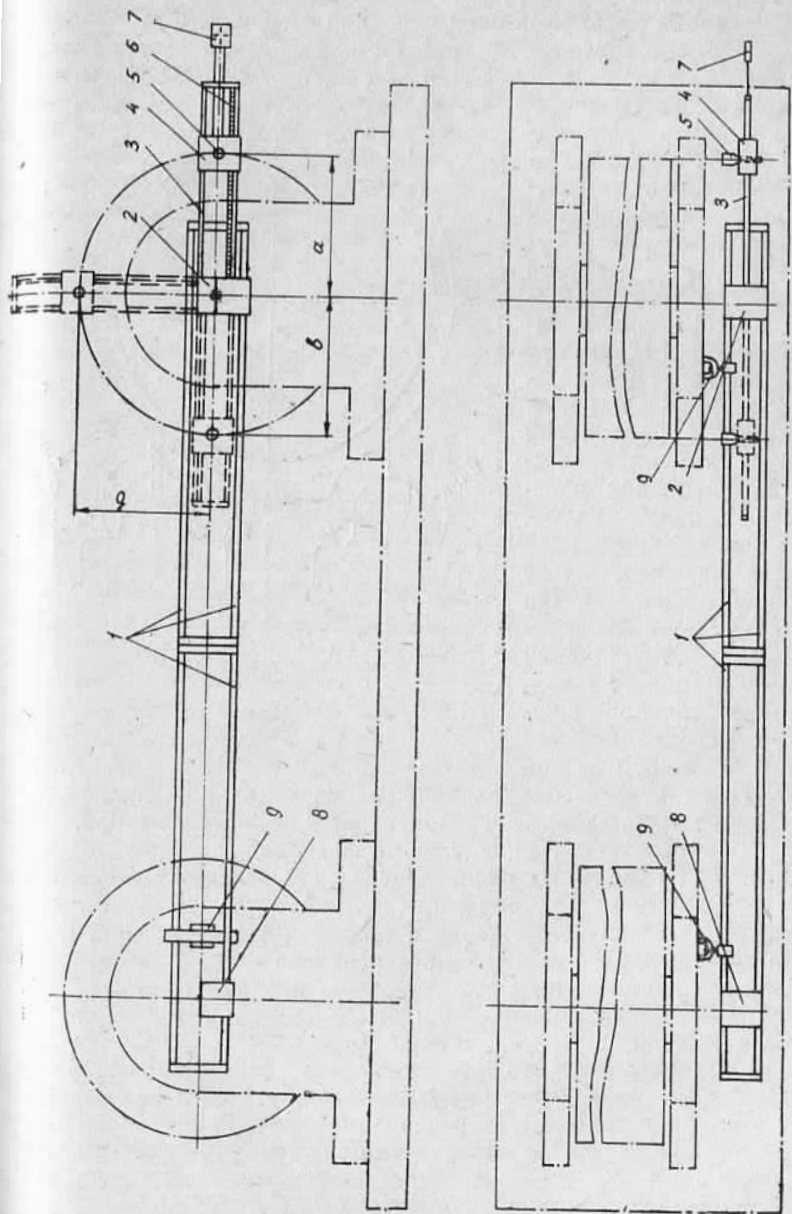


Рис. 1. Схема устройства для измерения взаимного положения осей опорных роликов.

Для определения горизонтальной проекции расстояния между осями роликов поворотный индикатор располагают горизонтально. Устанавливают каретку со зрительной трубой так, чтобы вертикальная нить перекрестия трубы была касательной к торцевой поверхности ролика в двух диаметрально противоположных точках. Горизонтальная проекция расстояния между осями опорных роликов такова:

$$L = l + \frac{1}{2}(a + a_1 - b - b_1), \quad (1)$$

где a и b — отсчеты по шкале индикатора, при установке его у торца одного ролика; a_1 и b_1 — то же при установке индикатора у торца второго ролика; l — расстояние между двумя положениями оси поворотного индикатора.

Вертикальная проекция того же расстояния — превышение между точками пересечения осей роликов с их торцевыми плоскостями составляет

$$h = g - g_1 + \frac{1}{2}(a + a_1 - b - b_1). \quad (2)$$

Здесь g и g_1 — отсчеты по шкале индикатора при установке его вертикально.

Для контроля прямолинейности оси вращения, взаимного положения осей роликов, а также расположения этих осей относительно оси вращения необходимо построить опорную прямую, координаты точек которой известны относительно плановой проекции оси вращения, закрепленной на фундаментах при монтаже.

Однако в процессе эксплуатации или ремонта агрегата риски, закрепляющие на фундаментах плановую проекцию оси вращения, могут быть утрачены. Контроль положения роликоопор и прямолинейности оси вращения осуществляют в таких случаях относительно опорной прямой, закрепленной сбоку от роликоопор. На рис. 2, представляющем поперечное сечение опорного узла, опорная прямая закреплена справа от агрегата.

Координаты оси вращения относительно опорной прямой определяют согласно зависимостям

$$Y_i = B_{\Pi_i} + \frac{d_{\Pi_i}}{2} \pm u_{\Pi_i} + e_{\Pi_i}; \quad (3)$$

$$Z_i = \sqrt{\left(\frac{D_i + d_{\Pi_i}}{2}\right)^2 - B_{\Pi_i}^2} - \frac{k_i}{2} \pm z_{\Pi_i} + \Delta z_{\Pi_i}, \quad (4)$$

где

$$B_{\Pi_i} = \frac{L_i}{2} + \frac{d_{\Pi_i}^2 - d_{\Pi_l}^2 + 2D_i(d_{\Pi_i} + d_{\Pi_l})}{8L} \quad (5)$$

расстояние от точки пересечения оси ролика с плоскостью его торца до плановой проекции оси вращения; D_i — диаметр бандажа; d_{Π_i} , d_{Π_l} — диаметры ближнего (правого) и дальнего (левого) по отношению к опорной линии роликов соответственно; k_i — подбандажный зазор; L_{Π_i} — расстояние от касательной, перпендику-

лярной оси ролика, до опорной прямой, соответствующее отсчету по горизонтальной шкале марки (см. рис. 2.); Δz_{Π_i} — проекция на вертикальную плоскость расстояния от оси вращения поворотного индикатора до оси ролика, соответствующая отсчету по вертикальной шкале марки; L_i — расстояние между осями роликов.

Величины y_{Π_i} и z_{Π_i} представляют собой координаты точек осей роликов, расположенных на различных — 1-й и i -й опорах. Их определяют по формулам

$$y_{\Pi_i} = \frac{(\rho_{\Pi_i}^2 + L_i^2 - \rho_{\Pi_i}^2) \cdot \cos \alpha_{\Pi_i}}{2L_i} \pm \sqrt{\rho_{\Pi_i}^2 - \frac{(\rho_{\Pi_i}^2 + L_i^2 - \rho_{\Pi_i}^2)^2}{4L_i^2}} \cdot \sin \alpha_{\Pi_i} - \frac{(\rho_{\Pi_i}^2 + L_i^2 - \rho_{\Pi_i}^2) \cdot \cos \alpha_{\Pi_i}}{2L_i} \pm \sqrt{\rho_{\Pi_i}^2 - \frac{(\rho_{\Pi_i}^2 + L_i^2 - \rho_{\Pi_i}^2)^2}{4L_i^2}} \cdot \sin \alpha_{\Pi_i}; \quad (6)$$

$$z_{\Pi_i} = \sqrt{\rho_{\Pi_i}^2 - \frac{(\rho_{\Pi_i}^2 + L_i^2 - \rho_{\Pi_i}^2)^2}{4L_i^2}} \cdot \cos \alpha_{\Pi_i} \pm \frac{(\rho_{\Pi_i}^2 + L_i^2 - \rho_{\Pi_i}^2) \cdot \sin \alpha_{\Pi_i}}{2L_i} - \sqrt{\rho_{\Pi_i}^2 - \frac{(\rho_{\Pi_i}^2 + L_i^2 - \rho_{\Pi_i}^2)^2}{4L_i^2}} \cos \alpha_{\Pi_i} \pm \frac{(\rho_{\Pi_i}^2 + L_i^2 - \rho_{\Pi_i}^2)^2}{2L_i} \cdot \sin \alpha_{\Pi_i}, \quad (7)$$

где $\rho_{\Pi_1} = \frac{D_1 + d_{\Pi_1}}{2}$; $\rho_{\Pi_i} = \frac{D_i + d_{\Pi_i}}{2}$; $\rho_{\Pi_i} = \frac{D_i + d_{\Pi_i}}{2}$; $\rho_{\Pi_i} = \frac{D_i + d_{\Pi_i}}{2}$;

α_{Π_i} — угол наклона линии, соединяющей точки осей роликов, расположенные в одной плоскости, перпендикулярной к оси вращения.

Для контроля прямолинейности оси вращения удобнее пользоваться комплектом из двух устройств. Одно устройство устанавливают у торцов роликов крайней опоры, например, с холодного конца печи, второе у торцов роликов другой крайней опоры с горячего конца печи. Измеряют взаимное расположение осей роликов. Затем поворотный индикатор устанавливают в горизонтальное положение таким образом, чтобы марка располагалась с той стороны, с которой предполагается закрепление опорной линии, например, справа (см. рис. 2). На крайней опоре с холодного конца печи (здесь и далее она названа 1-й) располагают подвижную марку на таком расстоянии Y_1 от плановой проекции оси вращения, чтобы было видно марку на крайней опоре с горячего конца печи (здесь и далее она названа n -й), а также на всех остальных опорах:

$$Y_1 = B_{\Pi_i} + \frac{a_{\Pi_i} + b_{\Pi_i}}{2} + c + e_{\Pi_i}, \quad (8)$$

где a_{Π_1} и b_{Π_1} — отсчеты по шкалам поворотного индикатора, учитывая, что $\frac{d_{\Pi_1}}{2} = \frac{a_{\Pi_1} + b_{\Pi_1}}{2} + c$; e_{Π_1} — отсчет по горизонтальной шкале марки.

Опорная линия будет параллельна прямой, соединяющей центры 1-го и n -го сечения, если $Y_1 = Y_n$ и $Z_1 = Z_n$:

$$Z_1 = \sqrt{\left(\frac{D_1 + d_{\Pi_1}}{2}\right)^2 - B_{\Pi_1}^2} - \frac{k_1}{2} + \Delta z_{\Pi_1}, \quad (9)$$

где $\Delta z_{\Pi_1} = g_{\Pi_1} - \frac{a_{\Pi_1} + b_{\Pi_1}}{2}$; g_{Π_1} — отсчет по шкале индикатора, установленного вертикально; $Y_n = Y_1 \pm y_{\Pi_n}$; $Z_{\Pi_n} = Z_1 \pm z_{\Pi_n} + \Delta z_{\Pi_n}$.

Параллельность названных линий будет соблюдена, если отсчеты по горизонтальной и вертикальной шкалах будут соответственно

$$e_{\Pi_n} = e_{\Pi_1} + B_{\Pi_1} - B_{\Pi_n} - \frac{a_{\Pi_1} + b_{\Pi_1} - a_{\Pi_n} - b_{\Pi_n}}{2} \pm y_{\Pi_n}; \quad (10)$$

$$\Delta z_{\Pi_n} = z_n - z_1 \pm z_{\Pi_n}. \quad (11)$$

Устанавливают на шкалах марок отсчеты e_{Π_1} , Δz_{Π_1} , e_{Π_n} , Δz_{Π_n} .

На 1-й опоре располагают прибор для закрепления опорной прямой и совмещают визирную ось зрительной трубы с центрами марок на 1-й и n -й опорах.

При использовании лазерных геодезических приборов с центром марки совмещают ось лазерного пучка. Непрямолинейность оси вращения получают как разницу рассчитанных и измеренных величин e_{Π_n} и Δz_{Π_n} на соответствующих шкалах после совмещения центров марок с опорной прямой. При невозможности совмещения опорной прямой с центрами марок на 1-й и n -й опорах поступают следующим образом. Совмещают визирную ось зрительной трубы или ось лазерного излучения с центром марки на n -й опоре. При этом смещение ее относительно центра марки на 1-й опоре должно быть соизмеримо с отклонениями от прямолинейности оси вращения. Непараллельность опорной прямой линии, соединяющей центры сечений на 1-й и n -й опоре, определяют согласно известной методике [3]. Наблюдения ведут по программе полного створа. Измерения повторяют, построив опорную прямую с другой стороны агрегата. При необходимости прямую, соединяющую центры сечений на 1-й и n -й опорах, можно привести к любой другой опоре. Далее определяют вероятнейшее положение оси вращения согласно рекомендациям [6].

В таблице приведены результаты измерений, полученные во время ремонта печи кальцинации № 1 пикалевского объединения «Глинозем». Параметры L_x , e_x , Y_x измерены при установке устройств у торцов опорных роликов с холодного конца печи, L_T , e_T , Y_T — с горячего конца печи.

Опорная линия задавалась визирной осью теодолита Т5. По условиям ремонта величины $\Delta z_{\Pi i}$ не измерялись. Значения отклонений от прямолинейности оси вращения в плане определены, как разность Y_1 и Y_i .

Средняя квадратическая ошибка определения положения осей опорных роликов и прямолинейности оси вращения равна 0,4 мм.

Результаты измерений параметров вращающейся печи $\varnothing 3,6 \times 3,8 \times 51$ м

Опора	Параметр						
	L_x	L_r	e_x	e_r	Y_x	Y_r	$Y_1 - Y_i$
1	2754,4	2754,4	248,5	248,7	2223,5	2223,7	—
2	2797,3	2820	227,8	211,5	2228,7	2228,5	-5,1
3	2809,8	2813,3	221,6	225,7	2219,8	2219,6	+3,8
4	2723,5	2728,0	274,0	263,7	2223,3	2223,5	—

Предрасчет точности измерений для крупногабаритных агрегатов длиной до 200 м показал, что средняя квадратическая ошибка должна составить 0,9 мм [3].

Описанные методика и устройство без каких-либо изменений используются и во время работы агрегата.

1. Гребенюк В. Г., Савченко А. А., Шевченко Т. Г. К выверке вращающихся цементных печей геодезическими методами // Геодезия, картография и аэрофото-съемка, 1980. Вып. 31. С. 22—28. 2. Кузьо И. В., Микольский Ю. Н., Шевченко Т. Г. Современные методы контроля установки оборудования. Львов, 1982. 3. Левчук Г. П., Новак В. Е., Конусов В. Г. Прикладная геодезия. М., 1981. 4. Микольский Ю. Н., Кравченко В. М. Выверка и центровка промышленного оборудования. К., 1979. 5. Платонов В. С., Буренков В. Д., Дмитриев В. В. Скоростные методы ремонта вращающихся печей. М., 1970. 6. Руководство по геодезическому обеспечению монтажа и эксплуатации технологического оборудования цветной промышленности. М., 1983.