

С. Г. ХРОПОТ, Т. Г. ШЕВЧЕНКО

О ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТАНОВКИ КОРПУСА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ

Непрямолинейность геометрической оси корпуса вращающейся печи оказывает существенное влияние на долговечность и надежность агрегата. Отклонения оси от прямолинейности, превышающие

допустимые пределы (± 3 мм на опорах), считаются причиной примерно трети всех аварий и неплановых простоев вращающейся печи. В связи с этим весьма важно применение инженерно-геодезических методов и средств контроля прямолинейности, обеспечивающих требуемую точность установки корпуса.

Суммарную погрешность контроля прямолинейности геометрической оси корпуса независимо от способа суммирования составляющих погрешностей можно определить согласно зависимости

$$m_z = \sum_{i=1}^n \lambda_i + \sum_{i=1}^n \delta_i, \quad (1)$$

где λ_i и δ_i — элементарные систематические и случайные погрешности соответственно.

К систематическим погрешностям относят методические — λ_1 ; влияние внешних условий — λ_2 и приборные — λ_3 . Природа последних (λ_3) в достаточной мере изучена. На основании определения их значений в результаты измерений могут быть внесены соответствующие поправки.

Методические погрешности λ_1 зависят от несовершенства методики контроля и свойств объекта измерений. Влияние названных погрешностей на точность установки корпуса тем более существенно, что геометрическая ось корпуса является технологической осью вращающейся печи.

При фиксации опорной линии или створа вне корпуса о прямолинейности геометрической оси судят на основании измерений расстояний от них до наружной поверхности металла корпуса. Во время измерений при ремонте корпуса возможность нескольких или хотя бы одного полного поворота корпуса отсутствует. Поэтому невозможно произвести измерения расстояний до нескольких точек корпуса с последующим усреднением их. Вследствие этого на результаты контроля и точность установки корпуса существенное влияние оказывают отклонения его формы от цилиндрической. Допустимые значения отклонений для печей различных диаметров составляют 6...10 мм. Допустимые значения отклонений от прямолинейности геометрической оси корпуса составляют ± 3 мм на опорах.

Очевидно, что значение систематической методической погрешности соизмеримо с допустимыми отклонениями от прямолинейности геометрической оси корпуса. Вследствие этого создается пороговое несоответствие между требованиями к точности установки, назначаемыми с точки зрения механической прочности, надежности и долговечности корпуса и возможностями контроля его установки.

Повышения точности установки корпуса можно достичь за счет уменьшения влияния систематических погрешностей и повышения точности фиксации опорной линии. Методы и средства контроля прямолинейности геометрической оси корпуса, предусматривающие фиксацию опорной прямой внутри корпуса [3], максимально ослабляют влияние систематических погрешностей λ_1 и λ_2 .

Фиксация опорной прямой внутри корпуса позволяет свести до минимума систематическую погрешность влияния внешних ус-

ловий. Опорную прямую располагают по оси корпуса, чем обеспечивают ее равноудаленность от всех точек корпуса. Это позволяет сохранить неизменность температуры по всей длине опорной линии. Кроме того, внутри корпуса отсутствует перемещение масс воздуха. Для предотвращения воздействия солнечной радиации измерения производят ночью, а во время ремонта работающую печь отделяют от ремонтируемой теплоизоляционным экраном.

Основными случаями погрешностей для такого вида инженерно-геодезических измерений рекомендуется [4] считать следующие: визирования — δ_1 ; за перефокусировку зрительной трубы — δ_2 ; за центрирование и редукцию — δ_3 ; совмещения центра марки с опорной прямой или ввода марки в створ — δ_4 ; погрешность измерения расстояния от опорной прямой или створа до точек наружной поверхности корпуса — δ_5 . Названные погрешности в случае фиксации створа или прямой на расстоянии 200 м высокоточным нивелиром или точным теодолитом [1, 4, 5] имеют следующие значения: $\delta_1=0,4 \dots 0,7$ мм; $\delta_2=0,4 \dots 0,7$ мм; $\delta_3=0,2 \dots 0,7$ мм; $\delta_4=0,05 \dots 0,1$ мм; $\delta_5=0,1 \dots 0,3$ мм.

Наиболее существенные погрешности связаны с применением оптических приборов δ_1 , δ_2 , а также δ_4 . Ослабить влияние или полностью исключить их можно, применяя в качестве опорной линии лазерный луч.

Применение лазерных приборов для контроля прямолинейности геометрической оси корпуса описано в [6]. Однако принятая визуальная фиксация центра лазерного пятна не позволяет существенно повысить точность измерений.

Использование лазерного измерителя с фотоприемным устройством (ФПУ) позволяет исключить погрешность за перефокусировку зрительной трубы — δ_2 , а также значительно ослабить действие погрешностей δ_1 и δ_4 . Их значения будут определяться разрешающей способностью ФПУ и отсчетных приспособлений и могут быть равны нескольким микрометрам.

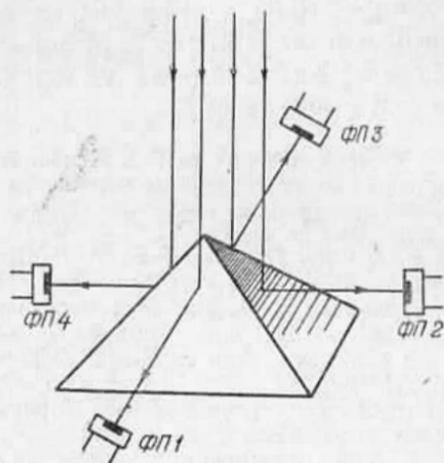
В результате исследования нескольких видов лазерных излучателей и ФПУ [8] установлено, что для высокоточного контроля прямолинейности следует использовать одномодовые лазеры, распределение плотности излучаемой энергии у которых в поперечном сечении пучка описывается кривой Гаусса, например, ЛГ-72, ЛГН-207 или ЛГН-208.

Для регистрации положения оси лазерного излучения использовано ФПУ дифференциального типа [2]. Оно наиболее полно удовлетворяет требованиям максимальной точности контроля и минимальной стоимости. Светоделительный элемент используемого ФПУ выполнен в виде 4-гранной пирамиды (см. рисунок), что позволяет вести одновременный контроль за положением лазерного пятна по двум координатам.

Поскольку названное ФПУ реагирует лишь на модулированный световой пучок, излучение лазера необходимо было промодулировать по плотности излучаемой энергии. Для этой цели был использован механический модулятор как наиболее устойчивый в работе и простой в изготовлении.

С учетом изложенного было создано лазерное устройство для контроля прямолинейности. В качестве излучателя использован серийно выпускаемый лазерный геодезический прибор ЛВ-5 с некоторыми доработками. Вместо устаревшего лазера ОКГ-13 установлен новый одномодовый лазер ЛГН-208, который при тех же габаритах по мощности излучения почти в четыре раза превосходит прежний. Излучение лазера модулируется с помощью механического модулятора, установленного в корпусе излучателя. На корпусе излучателя для предварительного ориентирования установлена зрительная трубка. Следует отметить, что ни одна из перечисленных доработок не требует конструктивного изменения лазерного визира.

ФПУ выполнено двумя отдельными блоками: блок фотоприемников и блок обработки принимаемых фотосигналов и отображения информации (регистрирующие приборы). Соединение блоков друг с другом осуществлено посредством многожильного микрокабеля. Для расширения функциональных возможностей ФПУ блок фотоприемников снабжен двухкоординатным механизмом перемещения с отсчетными приспособлениями в виде индикаторов часового типа.



Светоделительный элемент ФПУ.

Методика контроля прямолинейности геометрической оси корпуса вращающейся печи с помощью описанного лазерного устройства аналогична известной [3].

Опорную линию закрепляют центрами тяжести контурных кривых двух поперечных сечений. В центре одного из них устанавливают лазерный излучатель, в центре второго — ФПУ. Путем расфокусировки колимирующей системы излучателя добиваются примерно одинакового диаметра лазерного пучка на всей длине опорной линии. С помощью наводящих микрометрических винтов ЛВ-5 лазерное пятно наводят на центр светоделительного элемента ФПУ. Контроль за положением лазерного пятна относительно центра светоделительного элемента ФПУ осуществляют по показаниям регистрирующих приборов. После совмещения лазерного пучка, задающего опорную прямую, с центром светоделительного элемента ФПУ, фиксирующего ее, положение излучателя остается неизменным на все время проведения измерений.

Непрямолинейность геометрической оси корпуса вращающейся печи определяют как отклонение центров контролируемых сечений от опорной линии. Значения отклонений получают путем перемещения блока фотоприемников с помощью механизма перемещения, установленного в центре сечения до совмещения центра светоделительного элемента ФПУ с центром лазерного пучка.

Случайные погрешности контроля прямолинейности геометрической оси корпуса вращающейся печи описанными лазерным устройством и ФПУ таковы:

$\delta_1 = 0,1 \dots 0,3$ мм; $\delta_2 = 0$; $\delta_3 = 0,2 \dots 0,7$ мм;

$\delta_4 = 0,05$ мм; $\delta_5 = 0,1 \dots 0,3$ мм. Погрешность δ_2 за перефокусировку зрительной трубы исключена, а δ_1 значительно уменьшена.

Суммарная погрешность контроля прямолинейности геометрической оси корпуса вращающейся печи, определенная согласно (1), при фиксации опорной прямой оптическими приборами составляет $0,95 \dots 1,72$ мм, а при фиксации опорной прямой описанными лазерными приборами с ФПУ — $0,77 \dots 1,24$ мм. Последние значения m_{Σ} удовлетворяют требованиям точности установки корпуса [7].

Список литературы: 1. *Афанасьев В. А., Усов В. Г.* Оптические приборы и методы контроля прямолинейности в инженерной геодезии. — М.: Недра, 1973. — 152 с. 2. *Зацаринный А. В.* Автоматизация высокоточных инженерно-геодезических измерений. — М.: Недра, 1976. — 247 с. 3. *Кузьо И. В., Микольский Ю. Н., Шевченко Т. Г.* Современные методы контроля установки оборудования. — Львов: Вища шк. Изд-во при Львов. ун-те, 1982. — 143 с. 4. *Лукьянов Б. Ф.* Расчет точности инженерно-геодезических работ. — М.: Недра, 1981. — 285 с. 5. *Михелев Д. Ш., Рунов И. В., Голубцов А. И.* Геодезические измерения при изучении деформаций крупных инженерных сооружений. — М.: Недра, 1977. — 152 с. 6. *Островский А. Л., Шевченко Т. Г., Гребенюк В. Г.* Контроль геометрической оси корпуса вращающейся печи с помощью лазерного луча. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1979, вып. 29, с. 76—81. 7. Система плано-предупредительного ремонта оборудования цементных заводов. — М.: Стройиздат, 1980. — 452 с. 8. *Шевченко Т. Г., Хропот С. Г.* Применение лазерного указателя направления УНЛЗ-У5 для створных измерений. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1984, вып. 39, с. 98—101.