

При переходе от одного из рассматриваемых в табл. 3 значений к другому стонимость измерений может возрастать примерно в 1,2—2,8 раза и при значении k , равных 4 и 5, затратить на проведение измерений достигают значительных величин.

В конечных разрядах геодезического обоснования стонимость показателя значительно уменьшаются и практически стабилизируются, что объясняется потерей точности этих построений.

Таким образом, при выборе коэффициента обеспечения точности и решении вопроса о количестве стадий геодезического обоснования, а также для оценки технической целесообразности много-разрядных геодезических построений следует руководствоваться и экономическими критериями.

1. *Бажанов К. В., Беспалов Н. А., Брыкин П. А. и др.* Экономика топографо-геодезического производства. — М.: Недра, 1982. — 160 с. 2. Единые нормы выработки (времени) на геодезические и топографические работы: Подсчета выработки. — М.: Недра, 1982. — 231 с. 3. Инструкция о построении государственной геодезической сети СССР. — М.: Недра, 1966. — 341 с. 4. Инструкция по топографо-геодезическим работам при инженерных изысканиях для промышленного, сельскохозяйственного, городского и поселкового строительства (СН 212—73). — М.: Стройиздат, 1974. — 152 с. 5. *Девчук Г. П., Новик В. Е., Конусов В. Г.* Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ. — М.: Недра, 1981. — 438 с. 6. *Филатов Д. Ф.* Численные и графические методы прикладной математики. — К.: Наук. думка, 1970. — 799 с.

Статья поступила в редколлегию 09. 04. 85

УДК 528.32+666.94

Т. Г. ШЕВЧЕНКО, Н. И. КРАВЦОВ, С. Г. ХРОПОТ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМЫ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПОЛЫХ КОРПУСОВ

Контроль прямолинейности технологических и рабочих осей агрегатов и машин требует особого внимания в инженерно-геодезическом обеспечении монтажа или ремонта оборудования. Важное значение он приобретает во время ремонта крупногабаритных агрегатов, поскольку узлы и детали агрегатов подвержены действию больших нагрузок и сильно изнашиваются при эксплуатации, утрачивая первоначальные проектные размеры и форму. К таким узлам относятся валы турбин, помольных агрегатов и агрегатов цинковых машин, корпуса холодильников, обжиговых и спекальных печей. При этом закрепление опорных линий и измерений прямолинейности осей и валов представляет собой менее трудоемкую и сложную операцию, чем контроль непрямолинейности корпусов, для которого необходимо определять размеры и форму деталей. Для определения формы и размеров валов имеется достаточно количество соответствующих устройств и приборов [1, 5]. Однако для измерений корпусов число их весьма ограничено [2, 4]. Следует отметить, что методы измерений непрямолинейности для

валов не всегда пригодны для измерений непрямолинейности корпусов. В частности, закрепление опорных линий вне корпуса приводит к значительному снижению точности контроля.

Опорную линию закрепляют внутри корпуса центрами тяжести двух контурных кривых, образованных внутренней поверхностью корпуса в его поперечных сечениях. Точность контроля во многом зависит от точности отыскания названных центров. По существ-

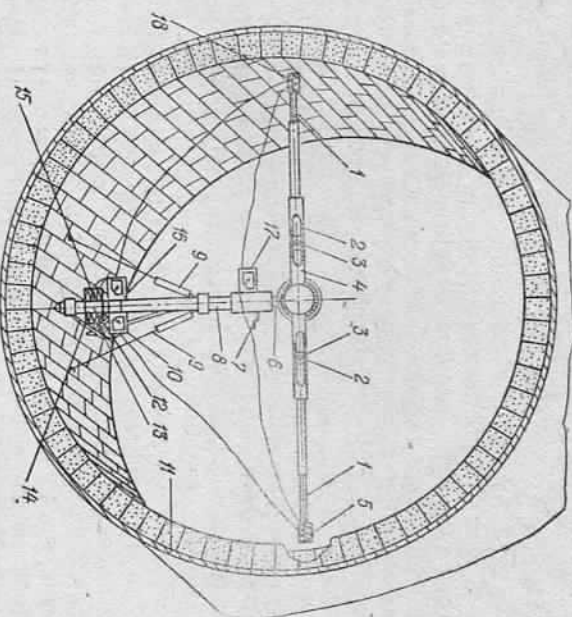


Схема устройства для контроля формы крупногабаритных корпусов.

ующей методике центры находят путем непосредственного контакта измерительного органа с металлом корпуса [3, 4]. Однако корпуса эксцентрируемых спекальных и обжиговых агрегатов, мельниц, холодильников и т. д., как правило, футеруются внутри огнеупорным материалом, поэтому в этих случаях удаляют часть футеровки в четырех диаметрально противоположных местах и устанавливают устройство для нахождения центра сечения так, чтобы нижний конец его стойки и концы измерительного органа касались металла корпуса. Центр тяжести сечения находят по четырем его точкам, что не обеспечивает требуемой точности. Удалять же футеровку в сечении полностью дорого и отнимает много времени. При контроле прямолинейности корпуса средних размеров это составляет около суток.

Описанные недостатки можно устранить с помощью предлагаемой методики и средств для реализации бесконтактного определения центра тяжести сечения. Для этого в конструкцию известного устройства для нахождения центра тяжести сечения введены индуктивные датчики (см. рисунок).

Устройство для нахождения центра тяжести контурной кривой, образованной внутренней поверхностью корпуса в его поперечном сечении, содержит стойку 8, высота которой регулируется механизмом подъема 7. Стойку закрепляют в корпусе 11 с помощью тросовых растяжек регулируемой длины 9. Изменение длины растяжек с помощью винтовой пары позволяет наклонять стойку в плоскости поперечного сечения корпуса. В осевой плоскости корпуса стойку фиксирует угольник 13. Съемный поворотный шуп 4, служащий для отыскания центра тяжести контурной кривой поперечного сечения, установлен на стойке посредством втулки-оси. Нижний концев втулки-оси выполнен цилиндрическим и устанавливается в гнездо верхней части стойки. В верхней части втулки-оси имеется цилиндрическое отверстие для установки оси поворотного шупа. Ось вращения шупа при этом параллельна оси корпуса печи. Длина шупа изменяется путем перемещения его подвижных концов 1 с помощью ручек-стопоров 3. Значения перемещений концов шупа фиксируются на шкалах 2. Нули шкал отстоят на одинаковом расстоянии от оси вращения шупа. На каждом из подвижных концов шупа закреплено по индуктивной катушке 5 и 18. Катушки имеют одинаковую индуктивность и соединены в индуктивный датчик. Изменение индуктивности фиксирует регистрирующий прибор 17 — микроамперметр. При фиксации нуля отсчета на шкалах шупа индуктивные катушки располагаются на одинаковом расстоянии от оси вращения шупа. На нижнем конце стойки установлены съемные катушки 14, 15 той же индуктивности, что и закрепленные на концах шупа. Каждая из катушек, установленных на стойке, формирует индуктивный датчик с одной из катушек, закрепленной на конце шупа. В качестве регистрирующих приборов-датчиков 10, 16 используются микроамперметры. Соединение катушек в датчики выполнено так, что формируется индуктивный датчик с катушками 5 и 18 и регистрирующим прибором 17 или два независимых датчика, например, с катушками 15 и 18 и катушками 5 и 14 с регистрирующими приборами 10 и 16 соответственно. Для установки съемных катушек стойка содержит гнезда 12, расположенные на одинаковом удалении от нижнего конца стойки.

Центр тяжести контурной кривой, образованной внутренней поверхностью корпуса в его поперечном сечении, находят следующим образом. На футеровку устанавливают стойку 8 и закрепляют с помощью тросовых растяжек 9 и угольника 13. В верхнюю часть стойки помещают втулку-ось 6 со съемным поворотным шупом 4. В нижней части стойки в гнездах 12 размещают индуктивные катушки 14 и 15, а также закрепляют регистрирующие приборы 10, 16, 17. Катушки 5 и 18, установленные на шупе, соединяют в индуктивный датчик с регистрирующим прибором 17. С помощью растяжек 9 и механизма подъема 7 помещают ось вращения шупа 4 примерно в центр поперечного сечения. Располагают шуп 4 горизонтально. Затем с помощью соответствующей ручки-стопора 3 закрепляют один из концов шупа с катушкой, например, 18 на неизменном расстоянии от футеровки, а следова-

тельно, и от металла корпуса. Второй конец шупа с катушкой 5 перемещают с помощью ручки-стопора 3, удаляя и приближая катушку к футеровке. При этом стрелка регистрирующего прибора 17 отклоняется вправо или влево от нулевого положения. Например, при уменьшении расстояния от корпуса до катушки 5 по сравнению с расстоянием от катушки 18 до корпуса стрелка прибора 17 отклоняется влево, а при увеличении — вправо. Перемещая конец шупа, устанавливают нуль отсчета на регистрирующем приборе. С помощью тросовых растяжек 9 наклоняют стойку в сторону большего отсчета на шкалах 2. Закрепляют один из концов шупа неподвижно и перемещают второй конец до установления нуля отсчета на регистрирующем приборе. Описанные действия повторяют до тех пор, пока на шкалах 2 шупа не зафиксируется равенство отсчетов, а стрелка регистрирующего прибора установится на нуле, что свидетельствует о равенстве расстояний от металла корпуса до каждой из катушек, а также до оси вращения шупа.

Катушки находятся при этом на таком удалении от корпуса, которое не позволяет задевать футеровку при повороте шупа. Затем поворачивают шуп на 90°. Изменяя высоту стойки с помощью механизма подъема 7 и перемещая ручками-стопорами 3 концы шупа с катушками, добиваются нуля отсчета регистрирующего прибора 17. Катушки 5 и 18 располагают на одинаковом расстоянии от внутренней поверхности корпуса, на шкалах шупа устанавливаются одинаковые отсчеты. Повторяя описанные действия, добиваются того, чтобы ось вращения шупа располагалась на пересечении двух взаимно перпендикулярных диаметров сечения.

Таким образом, двумя отстоящими друг от друга на 90° положениями шупа задается система координат, начало которой совпадает с осью вращения шупа, т. е. начало системы координат совпадает с центром сечения, найденного по четырем диаметральным расположенным его точкам. Вследствие отклонений формы поперечного сечения от круговой начало координат следует помещать в центр тяжести контурной кривой, описывающей поперечное сечение.

Для этого формируют два независимых индуктивных датчика из катушек, закрепленных на шупе с катушками, установленными на стойке: 18 с 15 и регистрирующий прибор 16; 5 с 14 и регистрирующий прибор 10.

Каждая пара катушек оттарирована таким образом, что нули соответствующих регистрирующих приборов устанавливаются в случае равенства расстояний от внутренней поверхности металла корпуса до каждой из катушек одной пары.

Расстояние от внутренней поверхности корпуса до катушек на стойке фиксированное. При повороте шупа расстояние от катушек, расположенных на шупе, до внутренней поверхности корпуса изменяется вследствие отклонения формы поперечного сечения от круговой. Чтобы уравнивать расстояние от внутренней поверхности корпуса до катушки на стойке и до катушки на шупе, необходимо переместить конец шупа, на котором установлена катушка. Ра-

венство расстояний фиксируют регистрирующие приборы 16 и 10 соответственно. Перемещения катушек 5 и 18 шпуля отсчитываются по шкалам 2. Отсчеты по шкалам за поворот шпуля на 180° позволяют судить о форме поперечного сечения. Перемещения катушек, отсчитываемые по шкалам при определенном шаге угла поворота шпуля, дают возможность по известным математическим зависимостям найти центр тяжести контурной кривой поперечного сечения, а также его координаты в системе координат, заданной двумя положенными шпуля [3, 4].

Наличие индуктивных катушек на шпуле и стойке, из которых формируются три индуктивных датчика, позволяет находить центры поперечных сечений бесконтактным способом без удаления футеровки. Это повышает производительность процесса контроля. Например, для определения формы зафутерованного корпуса вращающейся печи длиной 50 м во время ремонта необходимо установить стойку не менее чем в девяти сечениях. Для удаления футеровки в четырех местах каждого сечения требуется не менее трех рабочих смен. Использование для этой цели предлагаемой методики и устройства позволяет избежать затрат времени на удаление футеровки. Так как футеровочный материал немагнитный, точность определения положения корпуса вращающейся печи предлагаемым устройством не снижается по сравнению с существующими.

1. Аненко М. И., Араев И. П., Афанасьев В. А. и др. Оптические приборы в Машиностроении. — М.: Машиностроение, 1974. — 238 с. 2. Костяк Б. Е., Измерительная техника, 1976, № 2, с. 50—52. 3. Кузово И. В., Мисколюцкий Ю. Н., Шевченко Т. Г. Современные методы контроля: установки оборудования. — Львов: Вища шк., 1982. — 143 с. 4. Мисколюцкий Ю. Н., Ханжонков Ю. С. О методе проверки прямоугольности корпуса вращающейся печи. — Цветные металлы, 1972, № 10, с. 36—41. 5. Рубинев А. Д. Контроль больших размеров в машиностроении. — Л.: Машиностроение, 1982. — 120 с.

Статья поступила в редакцию 20. 04. 85

Г. А. ШЕХОВЦОВ

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОКРУЖНОСТИ СТАНДАРТОВ

Предлагаем методику и результаты моделирования корреляции координат узловых точки [1, 2] применительно к различного типа геодезическим засечкам) с использованием новой геометрической интерпретации погрешности положения точки на плоскости в виде окружности стандарт.

Под окружностью стандартов понимается окружность, диаметр которой равен сумме малой B_0 и большой A_0 полуосей эллипса

ошибок (рис. 1, а, б). Точка O_1 является центром этой окружности, а точка O делит ее диаметр на две части B_0 и A_0 . Если известен дирекционный угол φ_0 большой оси эллипса, то, проведя под углом $2\varphi_0$ к диаметру окружности линию h_1h_2 , получаем направление оси X . Противоположное направление будет соответствовать оси Y . Тогда отрезки $Oh_1 = \sigma_x$, $Oh_2 = \sigma_y$ — стандарты по осям координат, а $\sin(1+2) = r_{xy}$ — теоретическое значение коэффициента корреляции, характеризующего связь между сдвигами определяемого

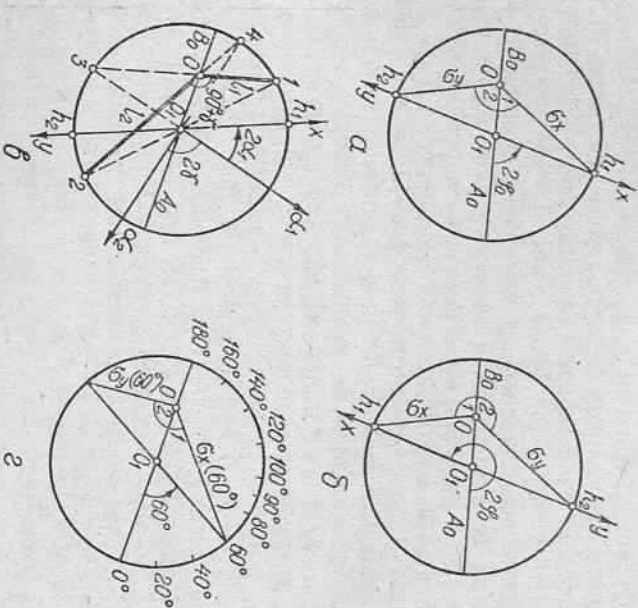


Рис. 1. Окружность стандартов.

пункта по осям координат. Аналогичным образом можно найти стандарты по любым двум взаимно перпендикулярным направлениям φ и $(\varphi \pm 90)^\circ$ и соответствующий им коэффициент корреляции.

Эти свойства окружности стандартов выявлены при работе с опытным образцом прибора, предназначенного для построения подеры эллипса погрешностей [3]. В этом приборе имеются градуированный базис, поворотный номограммный диск и два переставных фиксатора, помещенные в прорези шатунов двух шарнирных параллелограммов. Для оценки точности простой (однократной) засечки фиксаторы должны быть закреплены на расстоянии l_1 и l_2 от оси вращения диска, а базис установлен на отсчет угломерной шкалы, равный $90^\circ + \gamma$ (здесь γ — острый угол засечки или его дополнение до 180° , если угол засечки тупой). При вращении диска точка пересечения шатунов параллелограммов