

Т. Г. ШЕВЧЕНКО

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ТРУБОПРОВОДА БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Ежегодный прирост строительства трасс промысловых и магистральных трубопроводов в нашей стране составляет около 10 000 км. Элементы для сборки трубопроводов большого диаметра (1000...1250 мм) поступают на трассу отдельными трубами длиной до 12 м или в виде плетей, собранных на трубо-сварочных базах и представляющих собой соединения двух-трех труб. Одним из основных видов строительно-монтажных работ, от качества которых зависит надежность трубопроводов, является сварка, соединяющая отдельные элементы, поступающие

© Шевченко Т. Г., 1992

на трассу. Однако, согласно данным ВНИИСТА, из-за ненадежности сварных соединений происходит до 15% всех аварий и разрушений трубопроводов.

Необходимое условие качества сварного шва — соответствие нормативным требованиям геометрических параметров торцев труб. Считается, что несоблюдение этих требований является причиной 40% всех отказов сварных соединений. В настоящее время контролю подлежат следующие основные геометрические параметры торцев элемента трубопровода: а) притупление фасок разделки под сварку торцевого кольца; б) соответствие углов скоса разделки под сварку; в) наружный и внутренний диаметры; г) овальность торца; д) неперпендикулярность плоскости торца к оси элемента трубопровода; е) неплоскостность точек торца.

Первые два параметра относятся к подготовке кромок под сварку и контролируются специальными шаблонами. Добиться требуемой точности определения остальных четырех параметров с помощью стандартизированных средств измерений труднодостижимо, а некоторых просто невыполнимо. Так, согласно СНИП II-45-75, овальность торца, измеряемая с точностью до 1 мм, может составлять 7...12 мм, а неперпендикулярность торца оси элемента трубопровода, измеренная с точностью до $\pm 0,3$ мм, не должна превышать 2 мм. Предлагаемые для этой цели специальные средства измерений, разработанные в Электростальском научно-исследовательском и проектно-конструкторском технологическом институте, а также на предприятиях Миннефтегазстроя, имеют существенные недостатки. В обоих случаях базой для измерений служит поверхность элемента, а не его ось. В первом случае диаметр определяют накладным кругломером, что не позволяет получить однозначную информацию об овальности. Во втором определяют только неперпендикулярность и неплоскостность торца. Для измерения овальности и диаметра элемента необходимо использовать другие приспособления. В обоих случаях из-за отсутствия стабильной базы измерений невозможно добиться требуемой точности и однозначности результатов.

Разработанное в ЛПИ оптико-механическое устройство для контроля геометрических параметров элементов трубопровода достаточно универсально и позволяет производить измерения с требуемой точностью. Базой, или опорной прямой, для измерений является ось контролируемого элемента трубопровода, задаваемая визирной осью зрительной трубы автоколлимационного теодолита 2Т2А. Ось элемента трубопровода — это прямая, которая соединяет центры поперечных сечений, расположенных у его торцев. Центр поперечного сечения находят, отображая его форму в виде кривой малого масштаба, или определяют на основании набора дискретных точек, принадлежащих поперечному сечению [1]. В первом случае рабочий орган устройства контактирует с внутренней поверхностью контролируемого элемента, во втором он может быть бесконтактным. Ниже

описан комплект устройства второй модификации, в состав которого входят индуктивные датчики зазора. Конструкция устройства разработана на основе известных средств контроля для определения центра поперечного сечения крупногабаритных корпусов [2, 3]. Ее отличает возможность определения формы поперечного сечения в плоскости, перпендикулярной оси контролируемого изделия.

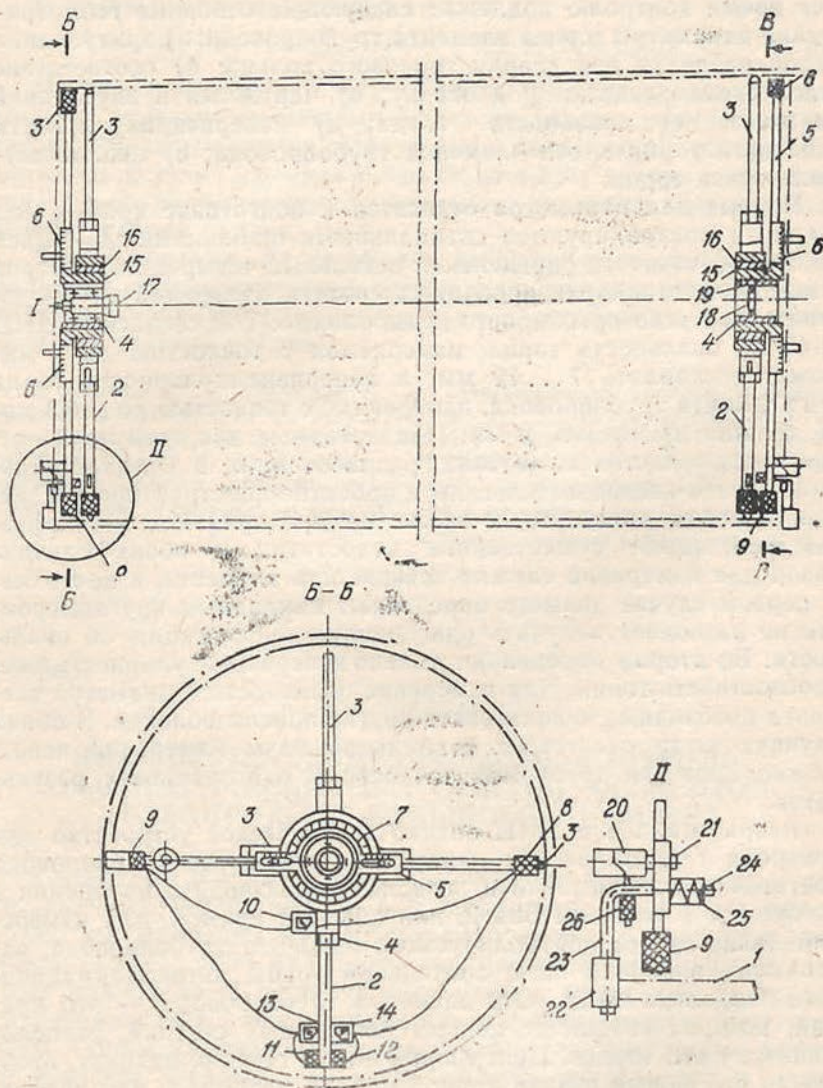


Рис. 1. Схема установки и принцип работы устройства для инженерно-геодезического контроля геометрических параметров элементов трубопровода большого диаметра.

Комплект состоит из двух идентичных устройств, устанавливаемых вблизи торцев трубопровода 1, как это указано на рис. 1. Опорными частями каждого устройства являются стойки 2. Нижним концом каждая стойка опирается на внутреннюю поверхность элемента трубопровода и тремя распорками 3, опирающимися в диаметрально противоположных точках, закрепляется в измеряемом изделии. Стойки и распорные элементы выполнены регулируемой длины. Центральная часть каждой стойки имеет встроенную цилиндрическую втулку 4, в которой установлен двусторонний поворотный телескопический щуп 5. На плечах щупа имеются линейные шкалы 6 с миллиметровыми делениями, предназначенные для отсчета удлинения плеч щупа. На стойке в месте установки щупа размещена круговая шкала 7, предназначенная для отсчета его угла поворота. Четыре пары индуктивных датчиков зазора расположены следующим образом. Две пары индуктивных датчиков 8 и 9, к каждой из которых подключен первый компаратор-микроамперметр 10, закреплены на противоположных концах телескопических щупов. Вблизи оснований стоек неподвижно закреплены две другие пары индуктивных датчиков 11 и 12. К каждому датчику 11 подключен одним входом второй компаратор 13, а к каждому датчику 12 — третий компаратор 14. Вторые входы компараторов 13 и 14 подключены к датчикам 9 и 8 соответственно. Номинальные значения индуктивностей каждой пары датчиков 8, 9, 11, 12 выбирают одинаковыми. На одном из концов каждого телескопического щупа закреплен соответствующий блок записи. Каждая из двух шаровых опор, соединяющих телескопический щуп с концом стойки, содержит условно подвижный относительно стойки элемент 15 и условно неподвижный относительно стойки элемент 16. На оси шаровой опоры (элемента 16) размещается оптическое средство для задания опорной прямой 17 — зрительная труба автоколлимационного теодолита 2Т2А, а также марка 18 с переходником 19. Зрительная труба и марка установлены взаимозаменяемо во втулке 4. Визирная ось зрительной трубы и центр марки совпадают с осями цилиндрических втулок 4. Плоскость марки совпадает с плоскостью записи формы сечения и проходит через центр шаровой опоры. Втулка 4 установлена в отверстие шаровой опоры. Блок записи поверхности торца выполнен в виде самоустанавливающего цилиндра 20. На конце щупа закреплен обкатный ролик 22, предназначенный для обкатывания контролируемого торца элемента трубопровода. Ось ролика 23 выполнена Г-образной и конец ее 24, выходящий на другую сторону конца щупа, подпружинен пружиной 25. На Г-образной оси укреплен записывающий механизм в виде подпружиненного пера 26, постоянно касающегося боковой поверхности самоустанавливающегося цилиндра, на которой закреплена бумага для записи.

Устройство работает следующим образом. Вблизи торцев элемента трубопровода устанавливают стойки 2 со щупами 5. Каждый из щупов размещают в горизонтальном положении.

Длину стойки 2 и распорок 3 регулируют так, чтобы ось вращения щупа 5 располагалась как можно ближе к центру сечения. Так как стенки контролируемого элемента ферромагнитные, индуктивность обмоток датчиков 9, 8, 11, 12 зависит от их расстояния до стенок.

Датчики 11 и 12 находятся на фиксированном расстоянии от стенки, поэтому их индуктивности постоянны в процессе измерений. Регулируя длину плеч щупа и распорок, устанавливают датчики 8 и 9 на таком расстоянии от контролируемой поверхности, чтобы компараторы 10, 13, 14 показывали равенство индуктивностей датчиков 8, 9, 11, 12, при этом добиваются равенства отсчетов по шкалам 6. Затем располагают щуп вертикально и повторяют описанные операции. Двумя положениями телескопического щупа, отстоящими друг от друга на 90° , задается система координат для определения центра поперечного сечения. Ось вращения щупа совпадает с началом системы координат. Поворачивают щуп на равные углы, например 15° , отсчитывая их по круговой шкале 7. При каждой установке перемещают подвижные части концов щупа с датчиками 8 и 9, добиваясь того, чтобы компараторы 13 и 14 показывали равенство индуктивностей датчиков, при этом фиксируют изменение отсчетов по шкалам 6. Согласно отсчетам по шкалам, известным способом [1] определяют центр сечения. Если центр сечения не совпадает с осью вращения щупа 5, меняют длину стойки 2 и распорок 3, совмещают ось вращения щупа с центром сечения. Совмещения проверяют повторными измерениями. Плоскость, в которой определяют форму сечения, может быть расположена под углом к продольной оси элемента, однако центр сечения будет располагаться на оси.

Помещают в одно сечение, например Б-Б, зрительную трубу автоколлимационного теодолита 2Т2А. Ее визирная ось совпадает с осью втулки 4. Во втором сечении, например В-В, помещают марку 18 с переходником 19. Втулки 4 со зрительной грубой 17 и маркой 18 устанавливают в отверстия условно подвижного элемента 15 шаровой опоры и закрепляют. Визирная ось зрительной трубы 17 совмещена с центром сечения Б-Б, а центр марки с центром сечения В-В. Плоскость марки расположена в плоскости записи формы сечения, а центр ее совпадает с центром шарового шарнира.

Совмещают используемую в качестве опорной прямой визирную ось I-I зрительной трубы с центром марки 18. Ориентируют марку 18 перпендикулярно визирной оси автоколлимационным способом. Наклоняют щуп и совместно с ним условно подвижный элемент 15 шаровой опоры, поворачивая его вокруг центра шарнира. При этом центр марки 18 остается на месте, а плоскость ее наклоняется до тех пор, пока плоскость марки, а следовательно, и плоскость сечения, в котором производится запись его формы, не станет перпендикулярной визирной оси зрительной трубы. Об этом будет свидетельствовать совмещение перекрестий в поле зрения трубы.

Затем зрительную трубу и марку меняют местами. При необходимости совмещают визирную ось зрительной трубы с центром марки. Ориентируют плоскость марки 18 и плоскость записи формы сечения Б-Б, перпендикулярную визирной оси зрительной трубы автоколлимационным способом, посредством наклона щупа 5 и совместно с ним условно подвижного элемента 15, поворачивая его вокруг центра шаровой опоры.

Таким образом, плоскость, которую описывает при повороте щуп 5 вокруг своей оси, размещается перпендикулярно визирной оси зрительной трубы. Повторно определяют форму поперечных сечений в плоскостях, перпендикулярных визирной оси зрительной трубы. Для этого скрепляют условно подвижный элемент 15 шарового шарнира с условно неподвижным элементом 16. При повороте щупа они вращаются вместе вокруг оси условно неподвижного элемента 16, т. е. оси вращения щупа 5. Поскольку плоскости записи формы сечений перпендикулярны визирной оси зрительной трубы, можно определить неперпендикулярность торцев элемента трубопровода. Определяют расстояния по образующим от каждой из найденных плоскостей до соответствующего торца. Для этого на боковой поверхности самоустанавливающегося цилиндра 20 закрепляют бумагу для записи. Конец подпружинного пера 26 касается бумаги, а ролик 22 — поверхности торца. Щуп 5 при этом располагается вертикально, чтобы механизм записи находился внизу у стойки 2. Самоустанавливающийся цилиндр 20 утяжелен образующей, поэтому при вращении щупа 5 он будет поворачиваться вокруг своей оси параллельно оси вращения щупа. Во время вращения щупа 5 положение цилиндра 20 относительно элемента трубопровода остается неизменным. Ролик 22 контактирует с поверхностью торца, вращаясь вокруг оси 23. При неперпендикулярности торца визирной оси зрительной трубы Г-образная ось 23 с роликом 22 совершает возвратно-поступательное движение за счет действия пружины 25 на ее конец 24. Перемещение оси 23, а вместе с ней подпружинного пера 26 соответствует величине неперпендикулярности торца. Вращающееся относительно самоустанавливающегося цилиндра 21 подпружинное перо 26 отобразит на бумаге, закрепленной на боковой поверхности цилиндра, расстояние по образующей от плоскости, перпендикулярной визирной оси зрительной трубы, до соответствующего торца. По значениям расстояний судят о степени перпендикулярности торца относительно визирной оси зрительной трубы.

Таким образом, описанное устройство позволяет определить четыре параметра торцев элемента трубопровода: диаметр, овальность, неперпендикулярность торца оси элемента и неплоскостность торца. Для определения диаметра отключают индуктивные датчики и выдвигают концы щупа до соприкосновения их с металлом трубы. Нули линейных шкал 6 соответствуют номинальному диаметру элемента трубопровода. Действительный диаметр равен номинальному, плюс-минус отсчеты по шкалам. Для определения овальности строят окружность про-

извольного диаметра большего, чем наибольший отсчет к середине по линейной шкале. На диаметрах окружности, соответствующих углам поворота щупа, или на их продолжениях откладывают отсчеты по линейным шкалам (рис. 2). На основании полученных результатов с учетом действительного диаметра определяют овальность торцев. О неперпендикулярности торца оси элемента трубопровода и неплоскостности торца судят

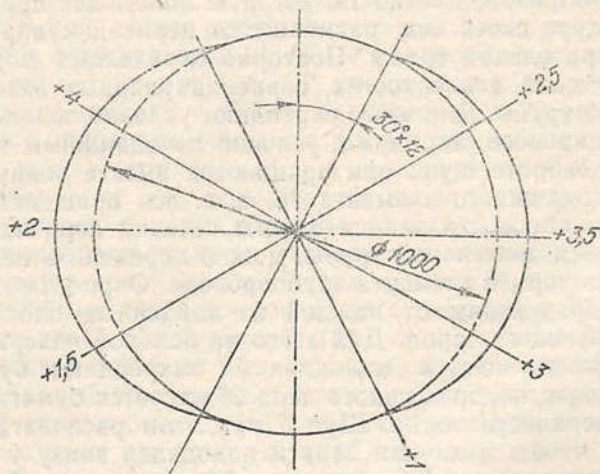


Рис. 2. Форма поперечного сечения у торцевой части элемента трубопровода.

на основании записи его формы на самоустанавливающемся цилиндре блока записи.

Для обеспечения потребностей отрасли необходимо около двухсот комплектов устройства.

1. Кузьо И. В., Микольский Ю. И., Шевченко Т. Г. Современные методы контроля установки оборудования. Львов, 1982. 2. Шевченко Т. Г. Устройство для определения геометрического центра сечения корпуса вращающейся печи. А. с. № 1280306 (СССР) // Бюл. изобрет. 1986, № 48. 3. Шевченко Т. Г., Кравцов Н. И., Хропот С. Г. Определение формы крупногабаритных полых корпусов // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. 1986. Вып. 44. С. 86—90.