Для автоматизированного сбора, регистрации и статистической обработки экспериментальных данных использовано программное обеспечение SCADA и сконфигурировано для обмена данными по протоколу Modbus RTU.

Разработанный стенд позволяет регистрировать, сохранять и обрабатывать теплоэнергетические параметры теплоаккумуляционной установки в статических и динамических режимах, что является необходимым для подтверждения теоретических расчетов при разработке методики расчета установок подобной конструкции.

1. Тихомиров Д.А. Энергоэффективные электрические средства и системы теплообеспечения технологических процессов в животноводстве / Д.А. Тихомиров // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2016. – №4 (24). – С.15-23.
2. Тихомиров Д.А. Энергосберегающая система горячего паро- и водообеспечения животноводческих объектов / Д.А. Тихомиров // Техника и оборудование для села. – 2013. № –10. – С.14-15.
3. Кузьмичев А.В. Теплоэнергетические показатели ИК облучателей для молодняка животных / А.В. Кузьмичев, А.К. Лямцов, Д.А. Тихомиров // Светотехника. – 2015. – №3. – С. 57–58.
4. Тихомиров Д.А. Энергосберегающие электрические средства и системы теплообеспечения основных технологических процессов в животноводстве / Д.А. Тихомиров // Вестник НГИЭИ. – № 8 (63), 2016. – С.129-138.
5. Машков А.Н. Разработка электротехнологии термической обработки сои / А.Н. Машков, Д.А. Тихомиров, А.М. Шувалов // Наука в центральной России. 2018. – № 1 (31). – С. 67-75.
6. Kuzmichyov A.V., Malyshev V.V., Tikhomirov D.A. Efficiency of the combined pasteurization of milk using UV and IR irradiation / Light & Engineering. 2011. Т. 19. № 1. С. 74-78.
7. Васильев А.Н. Разработать методы и модели построения систем электроснабжения сельских потребителей. Выполнить научное обоснование параметров и режимов работы новых системообразующих технических средств теплоэнергообеспечения сельскохозяйственных объектов / А.Н. Васильев, Е.В. Халин, А.И. Некрасов и др. / Отчет о НИР/НИОКР. – Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ. – 2017. – 104 с.
8. Патент №171695 РФ. Комбинированный теплоаккумуляционный электроотопительный прибор / Дудин С.Н., Тихомиров Д.А., Трунов С.С., Ламонов Н.Г.; заявитель-патентообладатель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. №2016138604, 29.09.2016; опубл. 13.06.2017. Бюл. № 17. 5 с.
9. Дудин С.Н. Устройства аккумуляционного типа для нагрева воздуха / С.Н. Дудин Д.А. Тихомиров // Вестник ВИЭСХ. – 2012. – №3. – С. 73-74.
10. Тихомиров Д.А. Энергосберегающая установка для содержания и обогрева телят / Д.А. Тихомиров, А.В. Кузьмичев, Н.Г. Ламонов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. – №12. – С.19-21.
11. Расстригин В.Н. Развитие электрических систем и технических средств теплообеспечения животноводческих предприятий / В.Н. Расстригин, Д.А. Тихомиров // Техника в сельском хозяйстве. – 2010. – №2. – С.3-6.
12. Тихомиров Д.А. Программный проект для расчета потребной мощности теплоэнергетического оборудования и годового расхода тепловой энергии на объектах животноводства / Д.А. Тихомиров // Вестник ВИЭСХ. – 2013. – Вып. 1(10). – С. 47–50.

Кусаинова Г.Д., Игильманов Ж.А.

Определение отклонений элементов трубопровода при устройстве его способом продавливание

*Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина
(Республика Казахстан, Астана)*

doi:10.18411/lj-31-03-2018-20

idsp: 000001:lj-31-03-2018-20

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы пространственного положения элементов самотечного трубопровода при устройстве его способом продавливания и определения их величин в процессе строительства. Применение лазерных приборов при геодезическом контроле устройства трубопровода позволяет автоматизировать процесс строительства, повысить точность и качество строительства. Применение разработанной

авторами статьи методики геодезического контроля позволяет оперативно анализировать результаты геодезических измерений и корректировать движение трубопровода в соответствии с характером отклонения без остановки строительно - монтажных работ.

Ключевые слова: Отклонение трубопровода, лазерное излучение, корректировка, сдвиг и кручение трубы, геодезические измерения, допуск, траектория движения.

В процессе строительства трубопроводов способом продавливания труба может смещаться и закручиваться по трем степеням свободы /осям X,Y,Z //рис1/. На качество строительства и нормальную работу трубопровода отрицательное влияние оказывают линейное смещение трубы в пространстве $\Delta_{сд}$ и угловые α , β смещения в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Геодезический контроль устройства трубопровода с помощью лазерных геодезических приборов дает суммарную величину отклонения начала и конца трубы в плоскостях перпендикулярной оси продвижения трубы. Поэтому одной из задач геодезической службы при строительстве трубопровода способом продавливания является оперативное определение величины и направления вращения с сдвига. Ликвидацию этих величин целесообразно выполнять с таким расчетом, чтобы труба по высоте занимала наиболее близкое к проекту положение, СНиП предъявляет жесткие требования к высотной трубе.

Рис.1. Сдвиг и кручение трубы при продавливании

На основании геодезических измерений без предварительной математической или графической обработки сделать какие-либо рекомендации по устранению планового и высотного отклонений трубы от не представляется возможным. В связи с этим возникла необходимость разработать метод, который позволил бы полученную суммарную величину смещения разложить на ее составляющие и определить элементы корректировки траектории продавливания.

Авторами была разработана методика решения поставленной задачи. Так как, деформация трубы изменение проектных размеров и форм незначительна, то для контроля положения трубы можно обойтись минимальным количеством контролируемых точек. Для этого в начале и конце продавливаемой трубы закрепляем контрольные марки с таким расчетом, чтобы они располагались на одной прямой линии параллельно оси трубопровода.

Уравнение прямой, проходящей через центры двух смежных колодцев будет иметь следующий вид:

$$\frac{x-x_0}{x_n-x_0} = \frac{y-y_0}{y_n-y_0} = \frac{z-z_0}{z_n-z_0}, \quad (1)$$

где (x_0, y_0, z_0) и (x_n, y_n, z_n) – координаты центров колодцев F_0 и F_n .

Для выполнения требования полной собираемости трубопровода из сборных железобетонных элементов должно выполняться следующее условие

$$L = n * l$$

где L – расстояние между колодцами;

l – длина трубы; n – количество продавливаемых труб.

Положение трубы в пространстве можно определить двумя точками $F_{i-1}(x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1})$ и $F_i(x_i, y_i, z_i)$. Тогда проектное положение трубы выражается следующим соотношением

$$l = \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2 + (z_i - z_{i-1})^2} \quad (2)$$

Если в процессе продавливания трубы наблюдается сдвиг и кручение вокруг ее центра, контролируемые точки F_{i-1}' , F_i' , F будут иметь следующие координаты $x_{i-1}', y_{i-1}', z_{i-1}'$ и x_i', y_i', z_i' (рис 1).

В этом случае, учитывая знаки, координаты смещенных точек можно вычислить по формуле:

$$\left. \begin{aligned} x_{i-1}' &= x_{i-1} + u_{i-1} \\ y_{i-1}' &= y_{i-1} + \vartheta_{i-1} \\ z_{i-1}' &= z_{i-1} + w_{i-1} \end{aligned} \right\}, \quad \left. \begin{aligned} x_i' &= x_{i-1} + u_i \\ y_i' &= y_{i-1} + \vartheta_i \\ z_i' &= z_{i-1} + w_i \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где $u_{i-1}, \vartheta_{i-1}, w_{i-1}, u_i, \vartheta_i, w_i$ – смещения контролируемых точек по осям X, Y, Z .

Смещения u и ϑ в плоскости перпендикулярной оси продавленные можно определить по контрольным маркам.

В проектном положении контролируемые точки будут иметь следующие координаты $x_{i-1} = x_i = 0$; $y_{i-1} = y_i = 0$.

В этом случае можно записать: $l = z_i - z_{i-1}$ (4)

Принимая во внимание выражение (4) точки F_{i-1}' и F_i' будут иметь координаты

$$\left. \begin{aligned} x_{i-1}' &= u_{i-1} \\ y_{i-1}' &= \vartheta_{i-1} \\ z_{i-1}' &= z_{i-1} + w_{i-1} \end{aligned} \right\}, \quad \left. \begin{aligned} x_i' &= u_i \\ y_i' &= \vartheta_i \\ z_i' &= z_i + w_i \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

Сравнение положения трубы в пространстве после смещения имеет следующий вид

$$l = \sqrt{(x_i' - x_{i-1}')^2 + (y_i' - y_{i-1}')^2 + (z_i' - z_{i-1}')^2} \quad (6)$$

Поставляя в выражение (6) координаты точек F_{i-1}' и F_i' ,

$$l = \sqrt{(u_i - u_{i-1})^2 + (\vartheta_i - \vartheta_{i-1})^2 + (z_i - z_{i-1})^2 + (w_i - w_{i-1})^2}.$$

После некоторых математических преобразований получим следующее уравнение

$$(w_i - w_{i-1})^2 + 2l(w_i - w_{i-1}) + p^2 = 0,$$

$$p^2 = (u_i - u_{i-1})^2 + (v_i - v_{i-1})^2. \quad (7)$$

Решение уравнения (7) имеет вид:

$$(w_i - w_{i-1})_{1,2} = l + \sqrt{l^2 + p^2}$$

$$w_i = w_{i-1} - l + \sqrt{l^2 - (u_i - u_{i-1})^2 - (v_i - v_{i-1})^2}, \quad (8)$$

$i=1,2,3$

Таким образом, получено рекуррентное соотношение. Зная величину продольного смещения в начальной точке, по формуле (8) можно определить продольное смещение на любом участке трубопровода.

Сдвиг и кручение трубы при продавливании происходит вокруг геометрического центра, поэтому линейная величина сдвига определяется как расстояние между центрами проектного и смещенного положения трубы.

Координаты проектного и смешанного центров трубы определяются среднее арифметическое между координатами точек F_{i-1} и F_i

$$\left. \begin{aligned} x_{i\text{ cp}} &= \frac{x_{i-1} + x_i}{2} \\ y_{i\text{ cp}} &= \frac{y_{i-1} + y_i}{2} \\ z_{i\text{ cp}} &= \frac{z_{i-1} + z_i}{2} \end{aligned} \right\}; \quad \left. \begin{aligned} x_{i\text{ cp}}^1 &= \frac{x_{i-1}^1 + x_i^1}{2} = \frac{u_{i-1} + u_i}{2} \\ y_{i\text{ cp}}^1 &= \frac{y_{i-1}^1 + y_i^1}{2} = \frac{v_{i-1} + v_i}{2} \\ z_{i\text{ cp}}^1 &= \frac{z_{i-1}^1 + z_i^1 + w_{i-1} + w_i}{2} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

вставляя величина сдвига равна

$$\Delta_{\text{сд}} = \sqrt{(x_{i\text{ cp}}^1 - x_{i\text{ cp}})^2 + (y_{i\text{ cp}}^1 - y_{i\text{ cp}})^2 + (z_{i\text{ cp}}^1 - z_{i\text{ cp}})^2} \quad (10)$$

вставляя (9) в (10), получим

$$\Delta_{\text{сд}} = \frac{1}{2} \sqrt{(u_{i-1} + u_i)^2 + (v_{i-1} + v_i)^2 + (w_{i-1} + w_i)^2} \quad (11)$$

Для определения угловых смещений α в вертикальной плоскости ZOY, β в горизонтальной плоскости ZOX обратимся к рис 1. Из треугольника PKN имеем

$$\sin \alpha = \frac{v_i - v_{i-1}}{l}$$

Так как, величина $v_i - v_{i-1}$ невелика по отношению к l , то $\sin \alpha = \alpha$ тогда

$$\alpha = \frac{v_i - v_{i-1}}{l} \quad (12)$$

Аналогично получаем величину углового смещения в горизонтальной плоскости

$$\beta = \frac{u_i - u_{i-1}}{l} \quad (13)$$

Такие определение величины сдвига и кручения трубы справед в том случае если трубы разворачивается вокруг своего геометрического центра. Практически в процессе продавливания труба может разворачиваться вокруг любой точки. При этом большую роль играет соотношение значений u_{i-1} , u_i и v_{i-1} , v_i .

В этом случае задача рассчитать однозначно и рассчитать истинные значения $\Delta_{\text{сд}}$, α и β затруднительно, но представляется возможным по значениям u_{i-1} , u_i , v_{i-1} , v_i вычислить величины корректировки движения трубы, после реализации, которых она займет проектное положение.

В том случае, тогда отсчеты по контрольным маркам u и v за пределы допустимых значений необходимо корректировку, которая заключается в определении длины выдвижения штоков механических квадратов M_1, M_2, M_3, M_4 , расположенных между ножовой секцией и продавливаемой трубой. Покажем в общем виде метод решения поставленной задачи.

Прием обозначения, приведенные на рис 2.

Рис.2. Определение элементов корректировки движения трубы

Где: h – длина штока механического домкрата;

r – угол, образуемый осью трубы и линией FK , соединяющей центр продавливаемой трубы с конечной точкой продавливания (корректировочный угол); V – угол, заключенный между линией FK OZ ;

n – количество, продавленных труб;

N – общее количество продавливаемых труб;

E – угол смещения трубы в плоскости XOY ;

r_i – расстояние от домкратов до касательной $H-H$ к поверхности трубы в точке пересечения трубы с прямой OF , соединяющей ее центр F с началом координат O ; D – диаметр труб; h – расстояние от центра трубы до домкратов.

Параметры h_i необходимые для корректировки продавливания трубопровода определяются по формуле

$$h_i = 2r_i \sin \frac{\gamma}{2} \quad (14)$$

Для определения значений расстояний r и корректировочного, где r обратимся к рис. 2. Из рисунка видно, что

$$\left. \begin{aligned} r_{M1} &= D - R \cos E \\ r_{M2} &= D - R \sin E \\ r_{M3} &= D + R \cos E \\ r_{M4} &= D + R \sin E \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

где $E = \arctg \frac{u_{i-1} + u_i}{v_{i-1} + v_i}$

Угол γ определяется из выражения

$$\gamma = \nu + \frac{\alpha + \beta}{2} \quad (16)$$

где $\tg \nu = \frac{\Delta_{сд}}{l(N-n)}$ или из-за малости угла: $\nu = \frac{\Delta_{сд}}{l(N-n)}$

После подстановки в выражение (14) значений r_i и γ из (15 и 16), получим

$$\left. \begin{aligned} h_{M1} &= 2 \sin\left(\frac{2\nu + \alpha + \beta}{4}\right)(D - R \cos E) \\ h_{M2} &= 2 \sin\left(\frac{2\nu + \alpha + \beta}{4}\right)(D - R \sin E) \\ h_{M3} &= 2 \sin\left(\frac{2\nu + \alpha + \beta}{4}\right)(D + R \cos E) \\ h_{M4} &= 2 \sin\left(\frac{2\nu + \alpha + \beta}{4}\right)(D + R \sin E) \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

При изменении направления движения трубы в соответствии с элементами корректировки трубопровод займет наиболее минимальное положение относительно своего проектного положения.

Разработанный метод позволяет оперативно анализировать результаты геодезических измерений и давать практические рекомендации по корректировке трубопровода в соответствии характером отклонения.

Для оценки точности определения параметров h_i продифференцируем выражение (14) по переменным γ и r_i .

$$dh_i = 2 \sin \frac{\gamma}{2} dr_i + r_i \cos \frac{\gamma}{2} d\gamma \quad (18)$$

Переходя к средним квадратическим погрешностям, получим

$$m_{h_i}^2 = 4 \sin^2 \frac{\gamma}{2} m_r^2 + r_i^2 \cos^2 \frac{\gamma}{2} m_\gamma^2 \quad (19)$$

Из-за малости значения γ угла первым членом выражения (15 и 16) можно пренебречь. Тогда

$$m_{h_i}^2 = r_i^2 \cos^2 \frac{\gamma}{2} m_\gamma^2 \quad (20)$$

Средняя квадратическая погрешность определения величины корректировочного угла зависит от точности измерений пространственного положения элемента трубопровода. Поэтому продифференцируем выражение (16) и переходя к средним квадратическим получим

$$m_\gamma^2 = \frac{4m_v^2 + m_\alpha^2 + m_\beta^2}{4} \quad (21)$$

Продифференцируем выражение (11,12,13) по переменным измеренным величинам и принимая $u_i + u_{i-1} = 2u_{cp}$, $v_i + v_{i-1} = 2v_{cp}$, $w_i + w_{i-1} = 2w_{cp}$ будем иметь

$$d\Delta_{cd} = \frac{u_{cp} du_{cp} + v_{cp} dv_{cp} + w_{cp} dw_{cp}}{\sqrt{u_{cp}^2 v_{cp}^2 w_{cp}^2}}, \quad (22)$$

$$d\alpha = \frac{dv_i - dv_{i-1}}{l} \quad (23)$$

$$d\beta = \frac{du_i - du_{i-1}}{l} \quad (24)$$

Переходя к средним квадратическим погрешностям и полагая, что $m_u = m_v = m_w = m_o$, получим

$$m_{\Delta_{cd}} = m_o, \quad (25)$$

$$m_\alpha = \frac{pm_o \sqrt{2}}{l}, \quad (26)$$

$$m_{\beta} = \frac{pm_o\sqrt{2}}{l}. \quad (27)$$

Для определения средней квадратической погрешности обратимся к формуле

$$v = \frac{\Delta_{сд}}{l(N-n)}, \quad (28)$$

откуда

$$m_v^2 = \frac{p^2 m_{\Delta_{сд}}^2}{l(N-n)} \quad (29)$$

или

$$m_v = \frac{pm_o}{l(N-n)} \quad (30)$$

После подстановки (26,27,30) в выражение (21) и после некоторых математических преобразований получим

$$m_v = \frac{2pm_o}{l(N-n)} \cdot \sqrt{((N-n)^2 + 1)} \quad (31)$$

С учетом выражения (31) формуле (20) для оценка точности вы положения элементов корректировки траектории продавливания примет вид

$$m_{r_i} = \frac{2pm_o r_i \cos \gamma / 2}{l(N-n)} \cdot \sqrt{((N-n)^2 + 1)} \quad (32)$$

Применение полученных формул по ликвидации отклонений элементов трубопровода позволит использовать измерения как данные активного геодезического контроля, способные удерживать точностные параметры сооружений в пределах допусков, установленных нормативными документами.

1. Игильманов Ж.А. Применение лазерных геодезических приборов при строительстве подземных коммуникации – Геодезия и картография, 1984. № 5 с. 27 – 29
2. СНиП 2.04.03 – 85. Канализация наружные сети и сооружения.

Ригер А.А.

Специфика подбора шаровых кранов для систем отопления

*Инженерно-строительный институт,
Сибирский Федеральный Университет*

doi:10.18411/lj-31-03-2018-21

idsp: 000001:lj-31-03-2018-21

Аннотация

В статье описываются основные принципы подбора шаровых кранов, указываются ключевые параметры для подбора оборудования.

Ключевые слова: трубопроводная система, запорная арматура, шаровый кран, системы отопления, магистральные трубопроводы.

Шаровые краны повсеместно внедряются как в новые системы отопления, так и в рамках модернизации оборудования ими комплектуются уже работающие системы. Выбирая шаровой кран для систем отопления, необходимо точно подбирать параметры и характеристики изделий с учетом будущей эксплуатации. Несмотря на то, что шаровой кран отличается высокой степенью надежности, даже он может подвергнуться