

УДК 528.48

О. В. ВОЛОЩУК, П. И. СОЛОВЕЙ, А. Н. ПЕРЕВАРЮХА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРОВЕСА И ГАБАРИТА ПРОВОДОВ ЛЭП, ПЕРЕСЕКАЕМЫХ С ШИРОКИМИ ВОДНЫМИ ПРЕПЯТСТВИЯМИ

Аннотация. Приведена методика геодезического мониторинга провеса и габарита проводов в сложных условиях пересечения ЛЭП с широкими водными препятствиями. Выполнен расчет точности геодезических измерений. Установлено, что предполагаемая методика обеспечивает необходимую точность измерений.

Ключевые слова: геодезический мониторинг, параметры проводов, расчет точности.

При прохождении проводов ЛЭП через реки, железные и автомобильные дороги и другие объекты, недопустимый габарит проводов может привести к тяжелым авариям, поэтому получение точных данных о пространственном положении проводов ЛЭП, особенно в сложных условиях измерений, является актуальной задачей. Кроме того, объективные данные о провесе проводов позволяют вычислить напряжение в проводе в любой момент времени.

До настоящего времени основное внимание в публикациях уделяется вопросам геодезических изысканий ЛЭП [2], но очень мало публикаций посвящено геодезическому мониторингу параметров проводов ЛЭП в условиях эксплуатации.

Целью статьи является разработать методику геодезического мониторинга проводов ЛЭП, пересекаемых с широкими водными препятствиями.

Пусть линия электропередач пересекается с широким водным препятствием, например рекой. Возникает необходимость определения стрелы провеса f провода и габарита G (расстояние между нижней точкой P провода и уровнем реки R) (рис.).

Для определения этих параметров по обоим берегам реки закрепляют долговременные опорные пункты A и B , таким образом, чтобы была обеспечена их взаимная видимость, а также видимость точек C и D подвеса провода. Кроме того углы засечки γ_1 и γ_2 на точках C и D были меньше 30° . Электронным тахеометром измеряют расстояние « v » между точками A и B и превышение h между ними, а также углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ и β_4 . По теореме синусов вычисляют расстояния S_1, S_2, S_3 и S_4 . Например,

$$S_1 = \frac{b \sin \beta_2}{\sin \gamma_1}, \quad S_2 = \frac{b \sin \beta_1}{\sin \gamma_1}, \quad (1)$$

где $\gamma_1 = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$ – угол засечки на точку C .

Применяя условную прямоугольную систему координат, в которой за ось Y принимают направление AB , а за ось X – направление, перпендикулярное AB , и решая прямые геодезические задачи, вычисляют координаты точек C и D .

$$\left. \begin{aligned} X_C &= X_A + S_1 \cos \alpha_1, & Y_C &= Y_A + S_1 \sin \alpha_1, \\ X_D &= X_B + S_4 \cos \alpha_4, & Y_D &= Y_B + S_4 \sin \alpha_4. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Вычисляют координаты точки P провода в середине пролета CD :

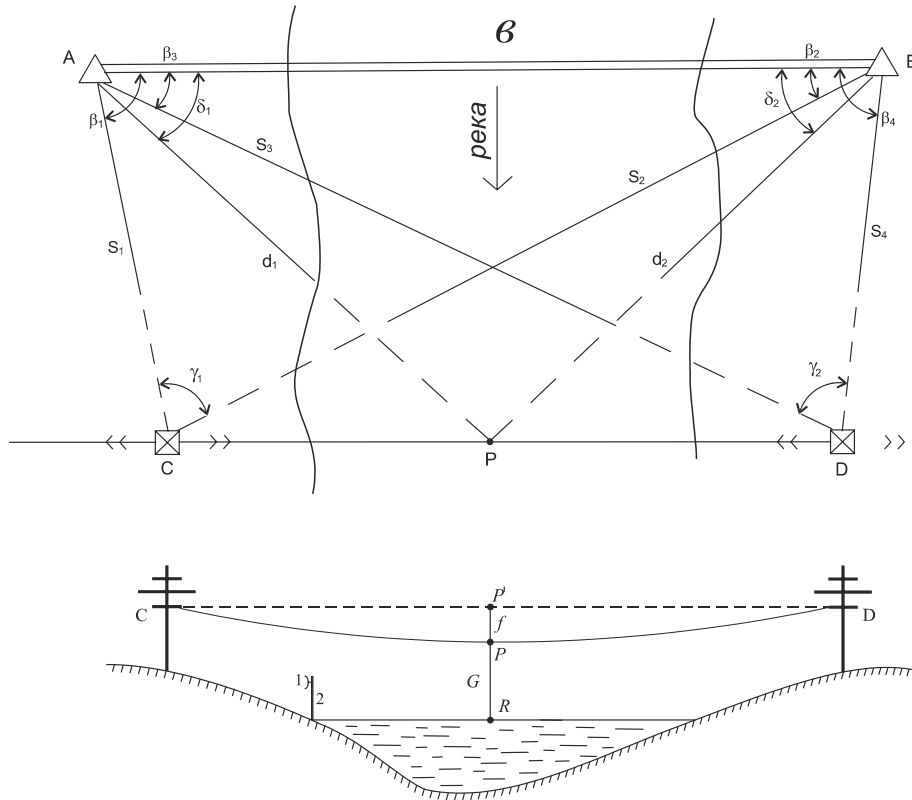


Рисунок – Схема определения провеса и габарита проводов ЛЭП, пересекаемых через широкие водные препятствия.

$$X_P = \frac{X_C + X_D}{2}, \quad Y_P = \frac{Y_C + Y_D}{2}. \quad (3)$$

Решая обратные геодезические задачи по направлениям AP и BP , вычисляют расстояния в $d_1 = AP$ и $d_2 = BP$ и углы δ_1, δ_2 (рис.).

Откладывая от направлений AB (BA) углы δ_1 (δ_2), визируют трубу тахеометра на точку P и измеряют вертикальные углы соответственно v_1, v_2 .

Для измерения высот точек C, D, P и R высоты опорных пунктов A и B определяют либо в условной, либо в абсолютной системе высот, для дальнейшего мониторинга провеса и габаритов проводов ЛЭП.

Высоты HC и HD точек C и D вычисляют по формулам тригонометрического нивелирования. Высоту точки P вычисляют по формулам:

$$\left. \begin{aligned} H'_P &= H_A + i_1 + d_1 \tan v_1 + k_1 - r_1, \\ H''_P &= H_B + i_2 + d_2 \tan v_2 + k_2 - r_2, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$H_P = \frac{H'_P + H''_P}{2}, \quad (5)$$

где HA и HB – высоты опорных пунктов A и B ;
 i_1 и i_2 – расстояния от пунктов A и B до оси вращения зрительной трубы тахеометра;
 k_1 и k_2 – поправки за кривизну Земли;
 r_1 и r_2 – поправки за рефракцию (в современных тахеометрах эта поправка учитывается автоматически).

Высоту точки R (урез воды) определяют тригонометрическим нивелированием путем визирования на отражатель 1 вешки 2, установленной на урез воды (рис.).

Вычисляют провес и габарит провода по формулам:

$$f = H'_p - H_p = \frac{H_c + H_d}{2} - H_p, \quad (6)$$

$$G = H_p - H_R. \quad (7)$$

Точность определения провеса и габарита проводов в основном зависит от погрешности тригонометрического нивелирования. Для оценки точности продифференцируем первое выражение формулы (4), опустив числовые индексы для простоты рассуждений. Перейдя к средним квадратическим погрешностям, получим

$$m_{H_p} = \sqrt{m_{H_A}^2 + (m_d \tan v)^2 + \left(\frac{dm_v}{\rho \cos^2 v}\right)^2 + m_i^2 + m_k^2 + m_z^2}. \quad (8)$$

Анализ формулы (8) показывает, что последние три члена малы и ими можно пренебречь. Тогда

$$m_{H_p} = \sqrt{m_{H_A}^2 + (m_d \tan v)^2 + \left(\frac{dm_v}{\rho \cos^2 v}\right)^2}. \quad (9)$$

где m_{H_A} – погрешность высотного положения опорных пунктов A и B ;
 m_d – погрешность определения расстояний d_1 и d_2 ;
 m_v – погрешность измерения вертикальных углов v_1 и v_2 .

При $d = 700$ мм, $v = 10^\circ$, $m_{H_A} = 105$ мм (установлено экспериментально), $m_d = 42$ мм, $m_v = \pm 15''$ (предельная погрешность измерения угла электронным тахеометром GPT 3005 N (ТОПКОН, Япония)), по формуле (9) получим $m_{H_p} = 120$ мм. Так как высота точки P определяется дважды, то $m_{H_p} = 120/\sqrt{2} = 86$ мм.

Предельно допустимую погрешность можно вычислить по формуле:

$$m_{H_p(\text{прео})} = 0,1\delta, \quad (10)$$

где δ – допустимые габариты проводов, регламентируемы в [1].

При $\delta = 6,0$ м, $m_{H_p(\text{прео})} = 0,1 \cdot 6,0 \text{ м} = 600$ мм.

Таким образом, $m_{H_p} < m_{H_p(\text{прео})}$, т. е. $86 \text{ мм} < 600 \text{ мм}$ и предлагаемая методика обеспечивает необходимую точность измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила улаштування електроустановок [Текст]. Глава 2.5 «Повітряні лінії електропередавання напругою вище 1 кВ до 750 кВ» [Текст] / Міністерство палива та енергетики України. – К. : ОЕП «ГРІФРЕ», 2006. – 125 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України).
2. Баран, П. І. Інженерна геодезія [Текст] : Монографія / П. І. Баран. – К. : ПАТ «ВІПОЛ», 2012. – 618 с.
3. Справочник геодезиста [Текст]. В 2-х книгах. Книга 2 / Под ред. В. Д. Большакова и Г. П. Левчука. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1975. – 1038 с.
4. Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам [Текст] / В. Д. Большаков, Г. П. Левчук, В. Е. Новак [и др.]. – М. : Недра, 1980. – 781 с.

Получено 08.05.2017

О. В. ВОЛОЩУК, П. І. СОЛОВЕЙ, А. М. ПЕРЕВАРЮХА
 ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ПРОВИСАННЯ І ГАБАРИТУ ПРОВІДІВ
 ЛЕП, ЩО ПЕРЕТІНАЮТЬСЯ З ШИРОКИМИ ВОДНИМИ ПЕРЕПОНАМИ
 ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті наведена методика геодезичного моніторингу провисання і габариту проводів в складних умовах перетину ЛЕП з широкими водними перепонами. Виконано розрахунок точності геодезичних вимірювань. Встановлено, що запропонована методика забезпечує необхідну точність вимірювань.

Ключові слова: геодезичний моніторинг, параметри проводів, розрахунок точності.

OKSANA VOLOSHCHUK, PAVEL SOLOVEJ, ANATOLY PEREVARJUHA
GEODESIC MONITORING OF SAGGING POWER LINES AND GAUGE WIRE,
OVERLAPPING WITH BROAD WATER GAP

Donbas National Academy of Engineering and Architecture

Abstract. It has been given the technique of geodetic monitoring gauge wires sagging and under difficult conditions with ample power lines crossing confident of water. The calculations of precision geodetic measurements accuracy have been carried out. It has been found that the technique provides accuracy requirement.

Key words: geodetic monitoring, parameters wires, calculation accuracy.

Волощук Оксана Владимировна – ассистент кафедры инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка методики учета нарушенных земель городского кадастра.

Соловей Павел Илларионович – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций высотных зданий и сооружений.

Переварюха Анатолий Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций колеблющихся и вращающихся объектов.

Волощук Оксана Володимирівна – асистент кафедри інженерної геодезії ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка методики обліку порушених земель міського кадастру.

Соловей Павло Ілларіонович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної геодезії ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій висотних будівель і споруд.

Переварюха Анатолий Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної геодезії ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій коливних і обертових об'єктів.

Voloshchuk Oksana – assistant, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of methodology of accounting of disturbed land urban cadastre.

Solovej Pavel – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of static and dynamic deformations of high-rise buildings.

Perevarjuha Anatoly – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of static and dynamic deformations of varying and rotating objects.