

УДК 528.48

В. Н. СОТНИКОВА, П. И. СОЛОВЕЙ, А. В. ТАНАСОГЛО, А. Н. ПЕРЕВАРЮХА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОВЕСА ПРОВОДОВ ЛЭП, ВЫЗВАННОГО
СОЛНЕЧНЫМ НАГРЕВОМ**

Приведены результаты экспериментальных исследований провеса проводов ЛЭП, вызванных влиянием солнечного нагрева. Установлено, что дополнительный провес провода под воздействием солнечного нагрева находится в прямой зависимости от его удлинения при тех же температурных условиях. Это дает возможность вычислять дополнительный провес провода по его длине, коэффициенту линейного расширения и по разности минимальной температуры образца провода и его температуры в любой момент измерений.

провес проводов, геодезические измерения, солнечный нагрев

В ПУЭ [1] установлены наименьшие расстояния по вертикали от проводов линии до пересекаемых сооружений, например до головки рельса железных дорог, до проводов линий связи, трамвайных и троллейбусных линий и других объектов, которые должны быть выдержаны при различных температурах окружающего воздуха.

Целью данной статьи является сравнение стрел провеса проводов, полученных при инструментальных геодезических измерениях и вычисленных по программе, разработанной в Донбасской национальной академии строительства и архитектуры.

Напряжения и стрелы провеса провода изменяются в зависимости от температуры и нагрузки [2]. При повышении температуры провод расширяется, стрела провеса увеличивается, а напряжение в проводе уменьшается. При понижении температуры происходит обратное явление: при низшей температуре стрела провеса будет наименьшей, а напряжение в проводе от температурных воздействий – наибольшим.

Изменение напряжения в проводе (тросе) при изменении атмосферных условий (температуры и нагрузки) описывается известным уравнением состояния провода [3]:

$$\sigma - \frac{\gamma^2 El^2}{24\sigma^2} = \sigma_0 - \frac{\gamma_0^2 El^2}{24\sigma_0^2} - \alpha E \cdot (t_i - t_0), \quad (1)$$

где σ_0 – начальное напряжение;
 γ – вес одного метра провода (приведенная нагрузка от собственного веса);
 σ – напряжение провода на любой момент времени;
 E – модуль упругости материала провода;
 l – длина провода;
 α – коэффициент линейного расширения материала провода;
 t_0 – температура при измерениях стрелы провеса;
 t_i – температура провода на любой момент времени.

С помощью этого переходного уравнения состояния провода можно определить величину провеса провода при новом состоянии, если известны напряжения в начальном состоянии и величины нагрузок и температуры.

Согласно схеме на рисунке 1: f_n – стрела провеса провода в середине пролёта; f_T – стрела провеса троса в середине пролёта; h_T – расстояние по вертикали между тросом и проводом на опоре, т. е.

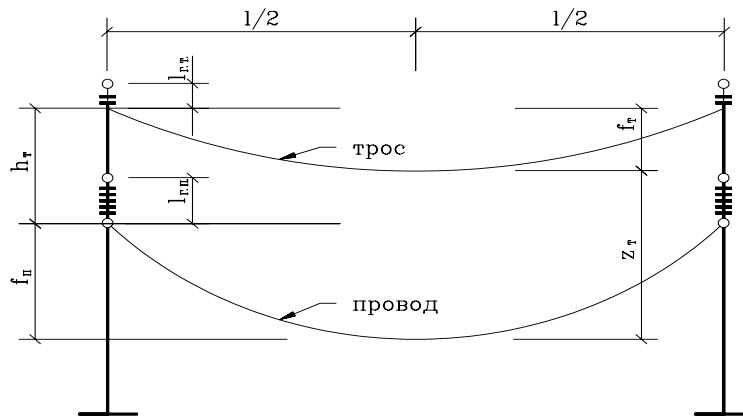


Рисунок – Кривые провисания провода и троса при одинаковых высотах тросостоек.

разность отметок точек их провеса; Z_r – требуемое расстояние между тросом и проводом в середине пролёта.

Кривую положения провода, закрепленного в точках подвеса на одном уровне, аппроксимируют уравнением цепной линии, из которого стрелу провеса вычисляют по формуле [4]:

$$f = \frac{\gamma \cdot l^2}{8 \cdot \sigma} + \frac{\gamma^3 \cdot l^4}{384 \cdot \sigma^2}. \quad (2)$$

Как правило, формулой (2) пользуются при расчетах стрел провеса проводов длиной больше 800 метров. При длинах проводов больше 800 м второй член отбрасывают и пользуются более простым уравнением параболы:

$$f = \frac{\gamma \cdot l^2}{8 \cdot \sigma}. \quad (3)$$

Из уравнения (1) видно, что для определения стрелы провеса при новых температурных условиях требуется знать большое количество неизвестных параметров [5].

Предлагается вычислять дополнительный провес провода по его удлинению, вызванным солнечным нагревом. При этом нужно знать параметры t_0 и t_p , α и l , которые легко определить.

Удлинение провода от солнечного нагрева выражается формулой:

$$X = \alpha l (t_i - t_0). \quad (4)$$

Исследования показывают, что удлинение провода имеет примерно прямолинейную зависимость от дополнительного провеса провода Δf :

$$X = K \cdot \Delta f, \quad (5)$$

откуда:

$$\Delta f = \frac{X}{K} = \frac{\alpha \cdot l (t_i - t_0)}{K}. \quad (6)$$

Выполнены экспериментальные исследования влияния солнечного нагрева на стрелу провеса. С этой целью посередине между точками подвеса проводов устанавливали электронный тахеометр и в безотражательном режиме через 1 час измерялись дополнительные стрелы провеса, температура воздуха в тени и температура образца провода на солнечной стороне. Результаты исследования дополнительного провеса проводов в зависимости от разностей температур образца провода представлены в таблице.

Максимальный дополнительный провес Δf зафиксирован в 15 часов при $\Delta t = 47^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C} = 12^\circ\text{C}$ и составил 70 мм. При такой разности удлинение провода АС240/32 составило:

$$X = \alpha \cdot l \cdot (t_i - t_0) = 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot 104000 \text{ мм} \cdot 12 = 239,6 \text{ мм}.$$

Тогда из формулы (5) получим:

Таблица – Дополнительный провес провода АС 240/32 на анкерованном участке опор

Анкерованный участок		Число пролетов	Приведенный пролет, м	Дополнительный провес провода (мм), при разности температур Δt образца провода в различное время измерений					
Длина, м	№ погран. опор			2 °С	4 °С	6 °С	8 °С	10 °С	12 °С
104,0	17–18	1	104,0	10	22	35	40	55	70

$$K = \frac{X}{\Delta f} = \frac{239,6}{70} = 3,42.$$

Исследования, выполненные на других участках линии электропередач, подтвердили теоретические выводы, и формулой (6) можно пользоваться при расчетах стрел провеса проводов. Для этого геодезическим методом определяют стрелу провеса провода при данной температуре t_0 . После этого по формуле (6) вычисляют дополнительный провес. Тогда общий провес выразится формулой:

$$f_i = f_0 + \Delta f. \quad (7)$$

ВЫВОД

Таким образом, следует отметить, что при определении провеса проводов длиной больше 800–1 000 метров дополнительный провес, вызванный солнечным нагревом, может достигать 1 метра и его необходимо учитывать в расчетах и при натурном определении стрелы провеса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила улаштування електроустановок [Текст]. Глава 2.5 «Повітряні лінії електропередавання напругою вище 1 кВ до 750 кВ» / Міністерство палива та енергетики України. – К. : ОЕП «ГРІФРЕ», 2006. – 125 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України).
2. Крюков, К. П. Конструкции и механический расчёт линий электропередачи [Текст] / К. П. Крюков, Б. П. Новгородцев. – [2-е изд.]. – Л. : Энергия, 1979. – 312 с.
3. Design of Latticed Steel Transmission Structures [Текст] / American Society of Civil Engineers. ANSI/ASCE 10-90, A.N.S.I. – New York : A.S.C.E., 1991. – 64 p.
4. Li, H. High-voltage transmission tower-line system subjected to disaster loads [Текст] / H. Li and H. Bai // Progress in Natural Science. – 2006. – Vol. 16, No. 9. – P. 899–911.
5. Шевченко, Е. В. Совершенствование металлических конструкций опор воздушных линий электропередачи [Текст] / Е. В. Шевченко. – [2-е изд.]. – Макеевка : ДонГАСА, 1999. – 169 с.

Получено 02.03.2015

В. Н. СОТНИКОВА, П. И. СОЛОВЕЙ, А. В. ТАНАСОГЛО, А. М. ПЕРЕВАРЮХА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОВИСАННЯ ПРОВІДІВ ЛЕП, ВИКЛИКАНОГО СОНЯЧНИМ НАГРІВАННЯМ Донбасська національна академія будівництва і архітектури

Наведено результати експериментальних досліджень провисання проводів ЛЕП, викликаних впливом сонячного нагріву. Встановлено, що додаткове провисання проводу під впливом сонячного нагріву знаходиться в прямій залежності від його подовження при тих же температурних умовах. Це дає можливість обчислювати додаткове провисання проводу за його довжиною, коефіцієнтом лінійного розширення і за різницею мінімальної температури зразка проводу та його температури в будь-який момент вимірювань.

провисання проводів, геодезичні вимірювання, сонячний нагрів

VICTORIA SOTNIKOVA, PAVEL SOLOVEJ, ANTON TANASOGLO, ANATOLIY PEREVARJUHA

RESEARCH SAG WIRE POWER LINES CAUSED BY SOLAR HEATING

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The results of experimental studies sag wire power lines caused by the influence of solar heating. It was found that extra slack wire under the influence of solar heating is a direct function of its elongation at the same temperature. This makes it possible to calculate the additional sag wire along its length, the coefficient of linear expansion and a minimum temperature difference between the sample and the wire temperature at any point measurements.

slack wire, geodetic measurements, solar heating