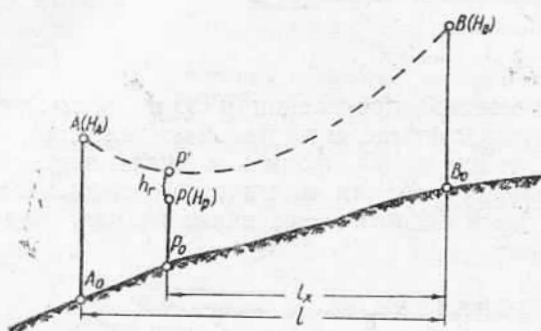


И. С. ТРЕВОГО

РАСЧЕТ ПОПРАВОК В ГАБАРИТЫ ПРИ СЪЕМКЕ И ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЕРЕХОДОВ ВОЗДУШНЫХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

При проектировании воздушных высоковольтных линий электропередачи (ВЛ) стремятся исключить действие погрешностей топогеодезических изысканий и самого проектирования путем увеличения предусмотренных [4] габаритов ВЛ на 0,25—0,50 м [1, 2]. Но величина 0,25—



Профиль перехода ВЛ.

0,50 м теоретически нигде не обоснована и не предусматривается ни [2], ни [4]. Однако действие упомянутых погрешностей зависит от многих факторов и часто появляется весьма значительно, особенно если речь идет о переходах проектируемой ВЛ. Эти погрешности могут существенно превышать допуск, установленный проектной практикой, в связи с чем допуск следует устанавливать конкретно для

каждого случая. Все это нельзя не учитывать, поскольку ошибки, возникающие при съеме и проектировании, должны покрываться при строительстве ВЛ путем перетяжки проводов, что ведет к нарушению нормального режима эксплуатации ВЛ и уменьшает сопротивление провода разрыву при наихудших условиях (ветер, гололед).

В нашей статье дана формула для определения поправок M_{HP} в габариты h_r на переходах ВЛ (см. рисунок) между проводами проектируемой ВЛ и существующих воздушных трасс

$$M_{HP} = 2m_{h_r} = 2\sqrt{m_{HP}^2 + m_H^2 + K_l m_l^2 + K_{l_x} m_{l_x}^2}, \quad (1)$$

где m_{h_r} — средняя квадратическая ошибка в габарите перехода; m_{HP} — средняя квадратическая ошибка отметки H_P провода существующей трассы в точке пересечения P (см. рисунок); m_H — средняя квадратическая ошибка отметки места установки переходной опоры на профиле; m_l, m_{l_x} — средние квадратические ошибки длины переходного пролета проектируемой ВЛ и расстояния l_x от точки пересечения до опоры B (см. рисунок); K_l, K_{l_x} — коэффициенты. Величины $m_{HP}, m_H, m_l, m_{l_x}, K_l, K_{l_x}$ находим из выражений

$$m_{HP} = \sqrt{m_{h_r}^2 + m_{h_i}^2}; \quad (2)$$

$$m_H = \sqrt{(20)^2 + (0,03 \cdot M)^2} \text{ [см]}; \quad (3)$$

$$m_l = \sqrt{(0,03 \cdot M \cdot \sqrt{2})^2 + (l : T)^2} \text{ [с.м]}; \quad (4)$$

$$m_{l_x} = \sqrt{(0,03 \cdot M)^2 + (l_x : T)^2} \text{ [с.м]}; \quad (5)$$

$$K_l = l_x^2 \left(\frac{H_B}{l^2} - \frac{H_A}{l^2} - \frac{g}{2\sigma} \right)^2; \quad (6)$$

$$K_{l_x} = \left(\frac{H_A}{l} - \frac{H_B}{l} - \frac{l g}{2\sigma} + \frac{l_x g}{\sigma} \right)^2, \quad (7)$$

где m_{h_p} , m_{h_t} — средние квадратические ошибки отметки точки P за не- точность превышения ее над точкой стояния теодолита и за погреш- ность измерения температуры воздуха во время съемки; M — знамена- тель соответствующего масштаба профиля; $l : T$ — относительная ошиб- ка измерения линий мерным прибором; H_A , H_B — отметки точек под- веса провода на переходных опорах проектируемой ВЛ; g — удельная нагрузка на провода, $\text{кг/м} \cdot \text{мм}^2$; σ — напряжение растяжения провода, которое можно найти по таблицам напряжений или определить из урав- нения состояния провода в пролете [1], кг/мм^2 ;

$$\sigma - \frac{l^2 g^2 E}{24 \sigma^2} = \sigma_0 - \frac{l^2 g_0^2 E}{24 \sigma_0^2} - \alpha E (t - t_0), \quad (8)$$

α — температурный коэффициент линейного расширения; E — модуль упругости, кг/мм^2 , g , σ , g_0 , σ_0 — соответствующие величины при темпе- ратурах t и t_0 .

Для определения m_{h_p} составлена табл. 1, в которой даются значе- ния m_{h_p} по углу наклона β и горизонтальному расстоянию D от при- бора до пересекаемого объекта.

Значения величин m_{h_p}

Таблица 1

β , град	Расстояние D , м											
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
0,0	0,3	0,7	1,1	1,5	1,9	2,8	2,8	3,2	3,6	4,0	4,5	5,0
0,5	0,4	0,8	1,1	1,5	2,0	2,4	2,9	3,3	3,7	4,1	4,6	5,1
1,0	0,5	0,9	1,2	1,6	2,1	2,5	3,0	3,4	3,8	4,3	4,8	5,3
2,0	0,8	1,2	1,6	2,0	2,5	2,9	3,5	4,0	4,5	5,1	5,6	6,2
4,0	1,6	2,0	2,5	3,1	3,8	4,5	5,2	5,9	6,6	7,4	8,2	9,0
6,0	2,3	2,8	3,5	4,3	5,3	6,2	7,2	8,2	9,2	10,1	11,2	12,2
8,0	3,1	3,7	4,6	5,6	6,8	8,0	9,3	10,5	11,9	13,2	14,6	16,0
10,0	3,8	4,6	5,7	6,8	8,4	9,9	11,4	12,9	14,4	15,9	17,5	19,1
12,0	4,6	5,6	6,9	8,1	10,0	11,8	13,6	15,4	17,2	19,0	20,9	22,8
16,0	6,2	7,5	9,3	11,0	13,3	15,7	18,1	20,5	22,9	25,3	27,7	30,2
20,0	7,9	9,5	11,7	13,8	16,9	19,9	22,9	25,9	29,0	32,0	35,2	38,4

Исследованиями установлено, что ошибка m_{h_t} не будет превышать ± 10 см, если температуру воздуха во время съемки измерять с точ- ностью $\pm 2-3^\circ \text{C}$, что легко осуществимо.

По предложенным формулам были проведены многочисленные вы- числения и составлена табл. 2 поправок M_{h_p} для переходов ВЛ, про- фили которых строятся согласно [2] в масштабах $1 : 2000$, $1 : 200$.

Формулы (6) и (7) содержат величину σ , которая зависит от голо- ледно-ветрового режима климатического района проектируемой ВЛ. С учетом таблицы повторяемости нормативных нагрузок для террито-

Величины M_{HP} (масштабы профиля перехода 1:2000 и 1:200)

l, м	60		120		180		240		300			360			400				
	15	50	15	50	10	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	
																			50
$b, \text{мм}$																			
$g^H, \text{кг/м}^3$																			
Тип провода																			
АС-70	1:300 1:2000	0,51 0,51	0,54 0,53	0,56 0,54	0,62 0,59	0,72 0,66	0,63 0,57	0,77 0,66	0,96 0,77	0,76 0,62	0,98 0,74	1,30 0,90	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
АС-95	1:300 1:2000	0,51 0,51	0,52 0,52	0,54 0,53	0,58 0,55	0,65 0,60	0,60 0,55	0,68 0,63	0,82 0,68	0,70 0,58	0,84 0,66	1,08 0,78	0,81 0,62	1,06 0,72	1,38 0,88	— —	— —	— —	— —
АС-120	1:300 1:2000	0,51 0,51	0,52 0,52	0,54 0,53	0,58 0,55	0,60 0,56	0,55 0,53	0,60 0,55	0,70 0,60	0,62 0,56	0,71 0,60	0,88 0,68	0,71 0,57	0,87 0,65	1,11 0,75	0,80 0,60	1,02 0,67	1,32 0,81	— —
АС-150	1:300 1:2000	0,51 0,51	0,52 0,52	0,52 0,52	0,52 0,52	0,56 0,55	0,54 0,53	0,57 0,54	0,64 0,58	0,60 0,54	0,67 0,58	0,80 0,64	0,67 0,56	0,78 0,60	1,00 0,70	0,74 0,58	0,90 0,64	1,16 0,74	— —
АС-185	1:300 1:2000	0,51 0,51	0,52 0,52	0,52 0,52	0,52 0,52	0,55 0,54	0,54 0,53	0,56 0,53	0,62 0,56	0,59 0,54	0,62 0,56	0,74 0,61	0,65 0,56	0,75 0,60	0,89 0,65	0,70 0,58	0,85 0,61	1,04 0,69	— —
АСО-240	1:300 1:2000	0,51 0,51	0,52 0,52	0,52 0,52	0,52 0,52	0,54 0,53	0,54 0,53	0,55 0,53	0,61 0,56	0,59 0,53	0,62 0,55	0,72 0,60	0,65 0,55	0,72 0,58	0,85 0,69	0,70 0,57	0,80 0,60	0,98 0,67	— —
АСО-300	1:300 1:2000	0,51 0,51	0,52 0,52	0,52 0,52	0,52 0,52	0,54 0,53	0,54 0,52	0,55 0,53	0,60 0,55	0,59 0,53	0,60 0,54	0,66 0,58	0,64 0,55	0,70 0,57	0,81 0,62	0,69 0,56	0,77 0,59	0,92 0,64	— —
АСО-400	1:300 1:2000	0,51 0,51	0,52 0,52	0,52 0,52	0,52 0,52	0,54 0,52	0,54 0,52	0,54 0,52	0,57 0,54	0,59 0,53	0,60 0,54	0,64 0,56	0,63 0,55	0,68 0,56	0,75 0,60	0,69 0,56	0,75 0,58	0,84 0,61	— —
АСО-500	1:300 1:2000	0,51 0,51	0,52 0,52	0,52 0,52	0,52 0,52	0,53 0,52	0,54 0,52	0,54 0,52	0,56 0,53	0,59 0,53	0,60 0,53	0,63 0,55	0,63 0,55	0,65 0,56	0,71 0,58	0,68 0,56	0,72 0,58	0,80 0,60	— —

рии УССР [7] и данных практики поправки M_{H_P} мы определяли при наиболее часто повторяющихся нагрузках от гололеда и ветра. Толщину b гололеда принимали равной 10, 15 и 20 мм, а удельную ветровую нагрузку на провод g^H для всех расчетов предполагали равной 50 кг/м².

Кроме того, σ зависит от температуры воздуха и стрелы провеса f провода, однако, как показали вычисления, эти факторы существенно не влияют на поправки M_{H_P} , и при составлении табл. 2 были использованы значения σ , соответствующие f_{\max} . Например, для пролета $l=240$ м (провод АС-120, $b=15$ мм) при f_{\max} поправка $M_{H_P}=60$ м, а при f_{\min} $M_{H_P}=0,56$ м.

В выражениях (5)–(7) принято $l_x=l-20$ м, поскольку при проектировании переходов стремятся устанавливать одну из переходных опор вблизи пересекаемого объекта. Для отдельных переходов, где $l-l_x$ сильно отличается от 20 м, целесообразно вычислять M_{H_P} индивидуально по предложенным формулам. Например, для перехода с проводом АС-120 при $l=300$ м и $l-l_x=80$ м, вычисляя по формулам, получаем $M_{H_P}=0,72$ м, тогда как по табл. 2 при $b=20$ мм и $1:T=1:300$ находим, что $M_{H_P}=0,88$ м, то есть $\Delta M_{H_P}=0,16$ м. Следует отметить, что для проводов больших сечений достаточно пользоваться табличными данными, так как для них ΔM_{H_P} очень малы.

Данные табл. 2 рассчитаны для двух типов мерных приборов: для ленты (1:T=1:2000) и нитяного дальномера (1:T=1:300), которыми пользуются согласно [2] на изысканиях ВЛ.

В отдельных случаях, когда разность отметок H_A-H_B велика и значительно превышает 15 м, целесообразно определять поправки m_{H_P} по формулам, поскольку при составлении табл. 2 в выражениях (6) и (7) члены, содержащие H_A и H_B были отброшены ввиду их малости. Например, для перехода с проводом АС-120 при $l=300$ м и $H_A-H_B=+15$ м по табл. 2 при $b=20$ мм и $1:T=1:300$, имеем $M_{H_P}=0,88$ м, а вычисленная по формулам величина M_{H_P} равна 0,96 м. Если $H_A-H_B=-15$ м, то получаем $M_{H_P}=0,75$.

Табл. 2 составлена для переходов ВЛ через воздушные трассы. При пересечении проектируемой ВЛ с наземными инженерными сооружениями (шоссе, железные дороги и т. д.) вычисление поправок производится по тем же формулам, но без вычисления погрешности M_{H_P} по (2). Значения поправок M_{H_P} для таких переходов можно получать также из табл. 2, уменьшая табличные величины на 10%.

Из изложенного выше вытекают следующие выводы.

Предложенный метод позволяет достаточно надежно определять поправки M_{H_P} в габариты при проектировании переходов ВЛ-35-700 кв. Значение M_{H_P} следует выбирать из табл. 2 или определять по предложенным формулам и прибавлять к установленным, согласно [4], габаритам.

Анализ табл. 2 показывает, что применение нитяного дальномера при изыскании ВЛ обеспечивает достаточную точность работ.

Поскольку инструментальная съемка переходов ВЛ и аналитическое определение габаритов являются в настоящее время основными методами [5], то табл. 2 и предложенные формулы могут найти широкое применение в организациях, выполняющих изыскания и проектирование ВЛ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будзько И. А. Электрические сети. «Колос», М., 1967.
2. Инструкция по изысканиям трасс воздушных линий электропередачи 35—500 кв. Энергосетьпроект. «Энергия», М.—Л., 1964.
3. Комаров С. А. Дальномерные измерения на трассах воздушных высоковольтных линий электропередачи. «Геодезия и картография», 1959, № 2.
4. Правила устройства электроустановок. «Энергия», М., 1966.
5. Тревого И. С., Золотарев А. А. О статье Г. П. Хохлова «Съемка габаритов ВЛ фотоаппаратом». «Электрические станции», 1970, № 3.
6. Урусов Н. Ю. К вопросу о точности геодезических измерений на трассах высоковольтных линий электропередачи. «Геодезия и картография», 1959, № 11.
7. Холмский Д. В. [и др.] К выбору оптимальной надежности воздушных линий электропередачи в гололедно-ветровых режимах. «Электричество», 1968, № 6.

Работа поступила
31 августа 1970 г.