

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОВОДОВ ДЛЯ ГОРНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ: СТАРОЕ ПО-НОВОМУ

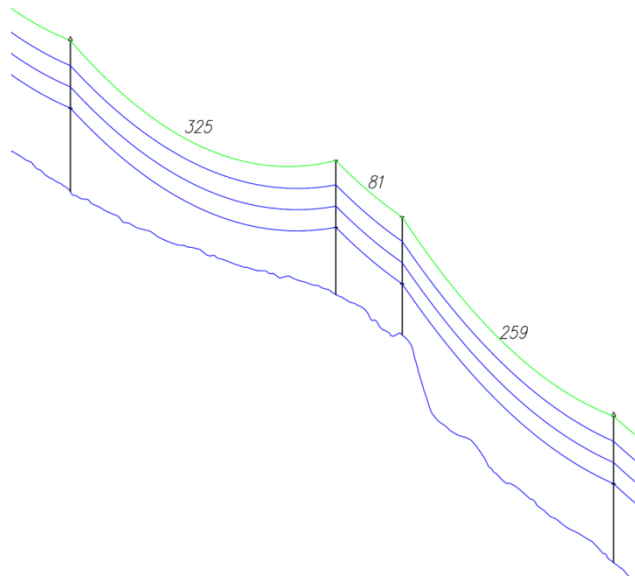


Докладчик: Кустова Ольга Викторовна, ведущий специалист
ООО «Аддисон»

2014 год

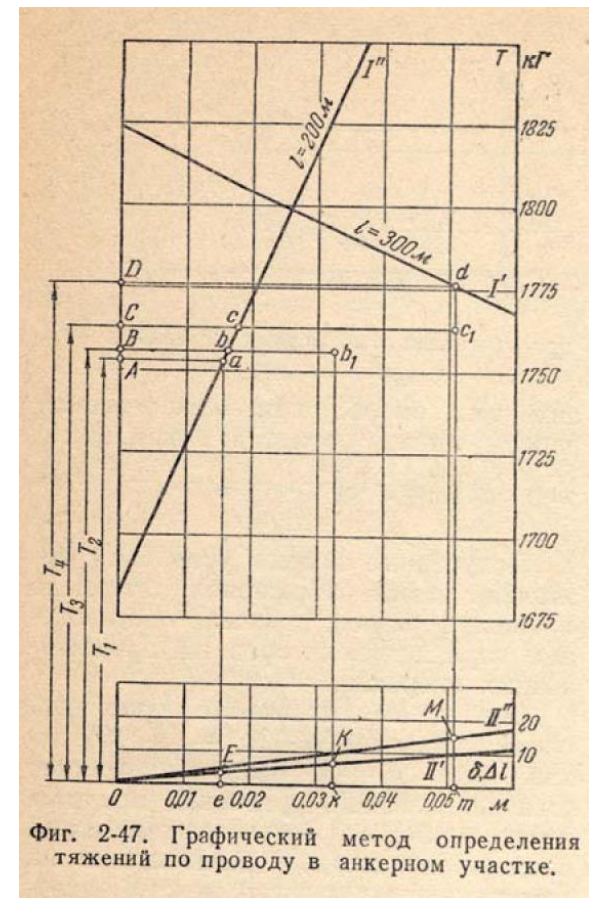
Особенности проектирования горных линий электропередачи:

- неравенство длин пролетов;
- большие перепады высот точек подвески проводов.



$$l_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{\sum l_i^3}{\sum l_i}}$$

$$l_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{\sum l_i^3 \cos \varphi_i}{\sum l_i \cos \varphi_i}}$$

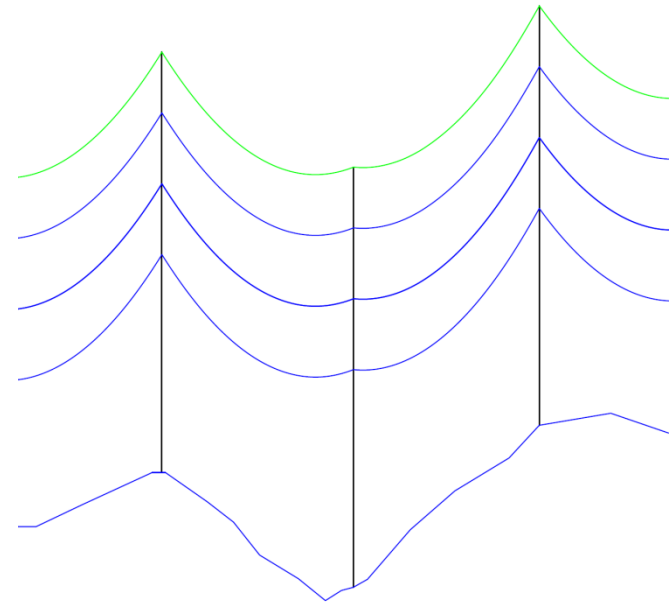


Фиг. 2-47. Графический метод определения тяжений по проводу в анкерном участке.

Причины разработки новой методики расчета проводов для горных линий:

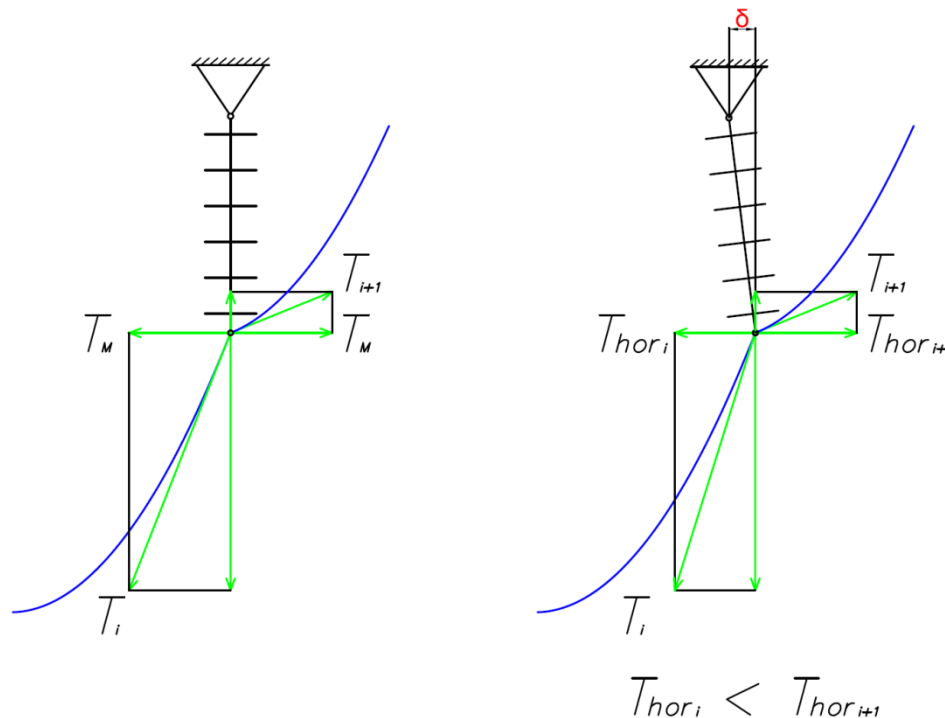
- погрешность расчетов;
- вычислительные мощности современной компьютерной техники

ВРЕМЕННЫЕ РУ по расчету монтажных напряжений и стрел провеса проводов и тросов воздушных линий электропередачи с учетом остаточных деформаций (Инв. №3471тм) и программа автоматизированного проектирования ВЛ – САПР ЛЭП не распространяются на горные ВЛ.



Алгоритм расчета (основные принципы):

1. Напряжение в проводе в каждом режиме зависит от температуры монтажа (учитываются отклонения гирлянд изоляторов);
2. Использование реальных длин пролетов с учетом перепадов высот точек подвеса провода (приведенный пролет не используется);
3. Форма кривой провисания провода – цепная линия.



Алгоритм расчета провода для горных ВЛ:

1. В зависимости от температуры монтажа составляется система уравнений, учитывающая:

$L_M = \hat{L}(1 + \varepsilon_{\text{мех}} + \varepsilon_t)$	1
$L_M = \hat{L} \left[1 + \sigma_M \left[\frac{1}{F} + K_p \left(\frac{1}{D} - \frac{1}{F} \right) - \frac{\hat{\sigma}}{D} \right] - \alpha(\hat{t} - t_M) \right]$	
$L = \sqrt{\frac{4\sigma^2}{\gamma^2} \sinh^2 \frac{\gamma l}{2\sigma} + h^2}$	
$l_M - l = \pm \delta_n \pm \delta_{n+1}$	2
$\delta = \frac{\lambda(T_{i+1} - T_i)}{\sqrt{(G_{\Pi} + g_{\Gamma})^2 + (T_{i+1} - T_i)^2}}$	

G_{Π} - суммарное действие вертикальных составляющих тяжений в соседних пролетах.

T - горизонтальная составляющая тяжения по проводу.

g_{Γ} - половина от веса гирлянды изоляторов.

Алгоритм расчета провода для горных ВЛ :

2. σ_M задается в начале цикла, который повторяется до тех пор, пока напряжение в проводе во всех расчетных режимах будет меньше допускаемого, а в исходном режиме - равным допускаемому.

3. Далее по известному уравнению состояния провода:

$$L_n = L_m [1 + \alpha(t_n - t_m) + \beta(\sigma_n - \sigma_m)]$$

находятся напряжения во всех остальных режимах.

При этом длина провода выражается формулой:

$$L = \sqrt{\frac{4\sigma^2}{\gamma^2} \sinh^2 \frac{\gamma l}{2\sigma} + h^2}$$

Алгоритм расчета провода для горных ВЛ (условия проверки):

1. Проверка габаритов:

$$y = \frac{\sigma_0}{\gamma} \cosh \frac{x\gamma}{\sigma_0}$$

2.

№ п/п	Условие проверки	Расчетные формулы	Необходимые мероприятия в случае невыполнения условия
1.	Напряжение в точках подвеса провода не должно превосходить величину 1,05 [σ].	$\sigma_A = \sigma_0 \cosh \frac{l_{э1}\gamma}{2\sigma_0}$ $\sigma_A \leq 1,05[\sigma]$	Понижение монтажного напряжения
2.	Угол отклонения гирлянд изоляторов в направлении оси ВЛ должен лежать в пределах 2°.	$\frac{\delta}{\lambda} \leq \tan 2^\circ$	В зависимости от величины угла отклонения гирлянды может потребоваться изменить расстановку опор или подвесить компенсирующие грузы
3.	На подвесную гирлянду изоляторов не должно оказываться «вырывающих» усилий. Также для горных ВЛ большое значение имеет проверка на неравномерную нагрузку на провод в соседних пролетах (сброс гололеда в соседнем пролете)	$G_{\Pi} > 0$	Подвеска грузов или замена поддерживающей подвески на натяжную, или изменение расстановки опор

Сравнение методик расчета (исходные данные):

Исходные данные:

Провод – АС 330/43.

Район по ветру – II.

Район по гололеду – IV.

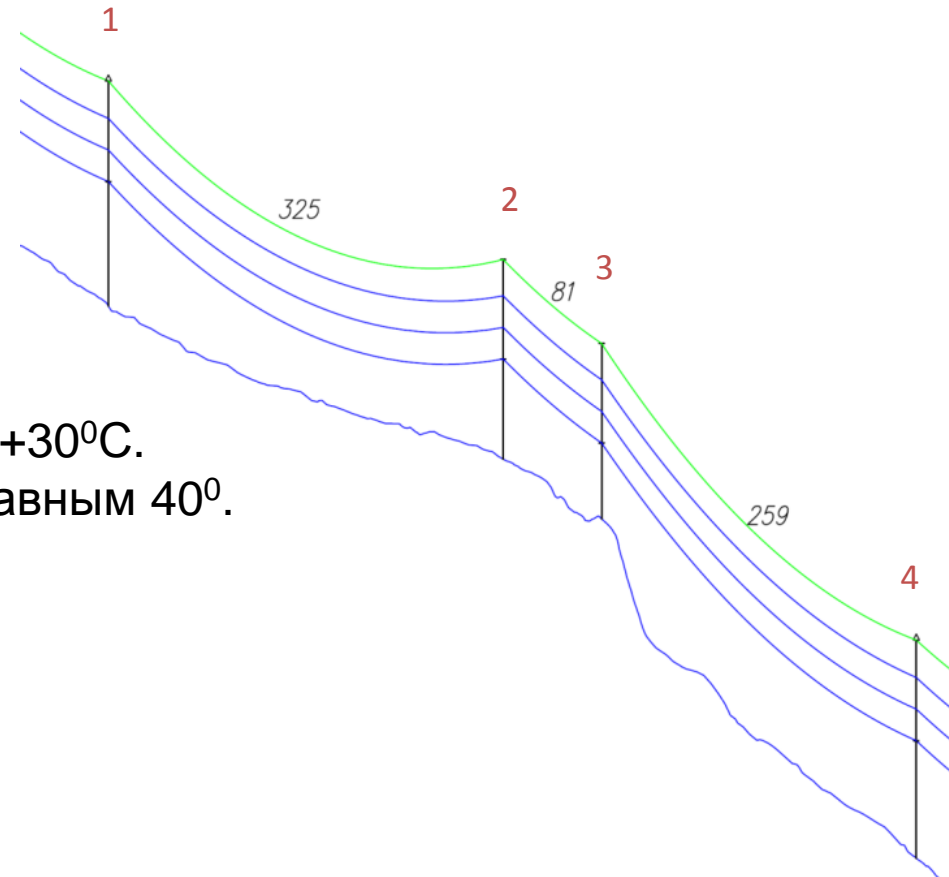
Минимальная температура: -40°C .

Длина гирлянды изоляторов – 3,3 м.

Вес гирлянды изоляторов - 100 кг.

Провод монтируется при температуре $+30^{\circ}\text{C}$.

Угол наклона участка трассы принят равным 40° .



Сравнение методик расчета (монтажный режим):

1. Расчет монтажного напряжения:

Методы расчета	Температура монтажа, °C						
	-30°C	-20°C	-10°C	0°C	10°C	20°C	30°C
1-й метод (приближенный)*	4,71	4,49	4,30	4,12	3,97	3,82	3,70
	9,39	9,84	10,28	10,72	11,14	11,55	11,95
2-й метод (точный)*	4,68	4,39	4,14	3,92	3,73	3,56	3,41
	9,45	10,08	10,69	11,29	11,86	12,43	12,98

*) В верхней строке приведены результаты расчета напряжений в проводе, кгс/мм². В нижней строке приведены результаты расчета стрел провеса провода в 1-м расчетном пролете, равном 325м.

Значение приведенного пролета, найденного для 1-го метода, – 280,36 м.

Сравнение методик расчета (режим максимальных нагрузок):

2. Расчет максимального напряжения в проводе при монтаже провода по двум разным монтажным таблицам:

Методы расчета	Температура монтажа, °C						
	-30°C	-20°C	-10°C	0°C	10°C	20°C	30°C
Монтажные напряжения рассчитаны по 1-му методу (приближенный)*	4,71	4,49	4,30	4,12	3,97	3,82	3,70
	12,17	12,25	12,33	12,40	12,50	12,57	12,67
Монтажные напряжения рассчитаны по 2-му методу (точный)*	4,68	4,39	4,14	3,92	3,73	3,56	3,41
	12,15	12,15	12,15	12,15	12,15	12,15	12,15
Разница нагрузок от одной фазы на опору, кН/тс	4,2/0,5	5,2/0,6	6,1/0,7	7,0/0,8	8,3/0,9	9,1/1,0	10,3/1,2

*) В верхней строке приведены результаты расчета монтажных напряжений в проводе, кгс/мм². В нижней строке приведены результаты расчета максимальных напряжений в проводе (в примере - режим гололеда с ветром), кгс/мм².

Выводы

Список НТД по расчету проводов ВЛ давно не обновлялся и не пересматривался, в связи с чем назрела необходимость дополнения существующего списка НТД новыми требованиями, предъявляемыми к расчетам горных ВЛ.

Сертификация программы, позволяющей рассчитывать провода для горных линий электропередачи, позволит предотвратить ошибки, вызванные неточностью существующего метода расчета проводов.