МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНИИПРОЕКТ
ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
ВГПИ И НИИ
"ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ"
СРЕДНЕАЗИАТСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Временные руководящие указания по расчету монтажных напряжений и стрел провеса проводов и тросов воздушных линий электропередачи с учетом остаточных деформаций

Том I

Инв. № 3471тм-т.I

Главный инженер Ш.Бурнашев

Нач.технического отдела А.Туркот

Зав.лабораторией горных линий Л.Кесельман

Руководитель группы Л.Яновский

Ташкент, 1976 г.

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНИИПРОЕКТ
ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
ВГПИ И НИИ
"ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ"
СРЕДНЕАЗИАТСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Временные руководящие указания по расчету монтажных напряжений и стрел провеса проводов и тросов воздушных линий электропередачи с учетом остаточных деформаций

Том I

Инв. № 3471тм-т.I

Главный инженер Ш.Бурнашев

Нач.технического отдела А.Туркот

Зав.лабораторией горных линий Л.Кесельман

Руководитель группы Л.Яновский

Ташкент, 1976 г.

инв. № 3471тм-тI- 3

АННОТАЦИЯ

Провода и тросы воздушных линий электропередачи в процессе эксплуатации получают остаточные удлинения, увеличивающие стрелы провеса по сравнению с монтажными.

В настоящих Временных руководящих указаниях (РУ) приводится аналитический метод расчета монтажных напряжений и стрел провеса проводов и тросов с учетом их остаточных удлинений. Под монтажными понимаются при этом напряжения увеличенные, а стрелы провеса соответственно уменьшенные по сравнению со значениями, определяемыми в обычном порядке согласно закону упругой деформации, т.е. в установившемся режиме.

Увеличение напряжений в монтажном режиме может привести в некоторых случаях к чрезмерному увеличению напряжений в режимах допускаемых напряжений при наступлении соответствующих им метеорологических условий сразу же после монтажа. Поэтому в РУ приводятся так же рекомендации по ограничению монтажного напряжения в этих случаях.

В РУ использован метод расчета, основанный на параметрах нагрузочно-разгрузочных диаграмм растяжения проводов и тросов. Эти параметры были получены в результате экспериментальных исследований проводов, соответствующих ранее действовавшему ГОСТ 839-59 и распространены на новые провода по ГОСТ 839-74.

В последующем, после испытаний проводов по ГОСТ 839-74, возможно некоторое уточнение указанных параметров. Кроме того, предполагается накопление и обобщение опыта использования настоящих РУ в различных условиях, что также может повлиять на отдельные положения РУ.

Учитывая изложенное, настоящие РУ названы "Временными" и подлежат корректировке по истечению 2-3 лет их повсеместного использования.

Инв. № 3471тм-тI-4

РУ подготовлены Среднеазиатским отделением института при участии главного специалиста отделения дальних передач Колякова И.М. и сотрудников технического отдела института Зеличенко А.С., Хотинского В.Г., Ефремовой З.Ф.

Непосредственное участие в выполнении работ принимали зав.лабораторией горных линий, к.т.н. Кесельман Л.М., руководитель группы Яновский Л.А., младший научный сотрудник Дуров Е.В., инж.Бубличенко О.С.

Руководящие указания согласованы с ВНИИЭ (письмо № 7715/в-4 от 28 ноября 1974 г. и протокол от 24 июня 1976 г.)

При окончательном редактировании текста РУ учтен ряд поправок, предложенных к.т.н. Матвеевым Ф.П.

Работа выпущена в двух томах:

Том I – Временные руководящие указания.

Том II – Дополнительная вышивка к Временным руководящим указаниям

Инв. № 3471тм-тI-5

ВРЕМЕННЫЕ РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ МОНТАЖНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И СТРЕЛ ПРОВЕСА ПРОВОДОВ И ТРОСОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С УЧЕТОМ ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

I. Настоящие "Временные руководящие указания" (далее РУ) предназначены для расчета монтажных напряжений и стрел провеса проводов и тросов воздушных линий электропередачи напряжением 35кВ и выше

Под монтажным подразумеваются увеличенные напряжения и уменьшенные стрелы провеса по сравнению с установившимися, соблюдаемые с целью компенсации остаточных удлинений проводов и тросов, получаемых последними в процессе эксплуатации ВЛ.

2. РУ предназначены для расчета алюминиевых, сталеалюминиевых проводов, стальных и сталеалюминиевых грозозащитных тросов (далее "проводов"). РУ могут быть применены для проводов, изготовленных из других металлов, если известны аналогичные параметры их экспериментальных диаграмм растяжения.

3. РУ не распространяются на ВЛ, проходящие в особых гололедных районах, для которых ПУЭ допускают повышение до 60% нормативного

сопротивления напряжение в сталеалюминиевых проводах при наибольших гололедных нагрузках. Для таких случаев принятые в настоящих РУ параметры прямолинейных участков диаграмм растяжения приводят к заниженным величинам остаточных удлинений по сравнению с действительными.

РУ также не распространяются на участки ВЛ в горной и сильно пересеченной местности, для которых используются другие уравнения, чем принятые в настоящих РУ.

4. Методика РУ учитывает частичную реализацию остаточных удлинений проводов на момент монтажа в соответствии с отрезком времени, в течение которого провод находился под близким к монтажному напряжением (время от раскатки до окончательной регулировки стрел провеса). В РУ это время принято в пределах до 1-2 суток.

5. При монтаже проводов необходимо соблюдать стрелы провеса в пролетах (или соответствующие тяжения), расчитанные в соответствии с настоящими РУ. Исключение составляют случаи, когда из-за вынужденной расстановки опор, во всех пролетах анкерного участка имеется достаточный запас в габаритах от провода до земли и пересекаемых сооружений, а также анкерованные пролеты малой длины, где стрелы провеса имеют величину порядка 1 м и менее. Для таких случаев при монтаже используются установившиеся напряжения и стрелы провеса, [illegible] способом без учета остаточных деформаций.

6. Расчет монтажных напряжений в проводе с учетом остаточных деформаций выполняется по уравнению:

$$\sigma_м - \frac{\gamma_1^2 l^2 D}{24\sigma_м^2 \Delta} = \frac{1}{\Delta}\left[\hat{\sigma} - \frac{\hat{\gamma}^2 l^2 D}{24\hat{\sigma}^2} - \alpha D\left(t_м - \hat{t}\right)\right], \qquad (1)$$

где $\sigma_м$ – монтажное напряжение с учетом остаточных деформаций, кгс/мм^2;

$\hat{\sigma}$ – наибольшее напряжение для данного пролета ℓ, соответствующее точке на верхней огибающей кривых систематического расчета провода (см.рис.I), кгс/мм^2;

ℓ – длина анкерованного пролета или длина приведенного пролета анкерованного участка, м;

γ_1 – удельная нагрузка при монтаже, кгс/м.мм^2;

$\hat{\gamma}$ – удельная нагрузка, соответствующая режиму наибольшего напряжения, кгс/м.мм^2;

$t_м$ – температура монтажа провода, ^{0}С;

$\hat{t}$ – температура, соответствующая режиму наибольшего напряжения, ^{0}С;

α – температурный коэффициент линейного расширения, I/град;

Δ – безразмерный коэффициент, определяемый по формуле

$$\Delta = \frac{D}{E} + K_p\left(1 - \frac{D}{E}\right) \qquad (2)$$

E – модуль начального растяжения провода, принимаемый по табл. I , кгс/мм^2;

D – модуль предельного растяжения провода, принимаемый по табл.I, кгс/мм^2.

K_p – коэффициент реализации ползучести провода при монтаже. В расчетах следует принимать $K_p = 0{,}3$.

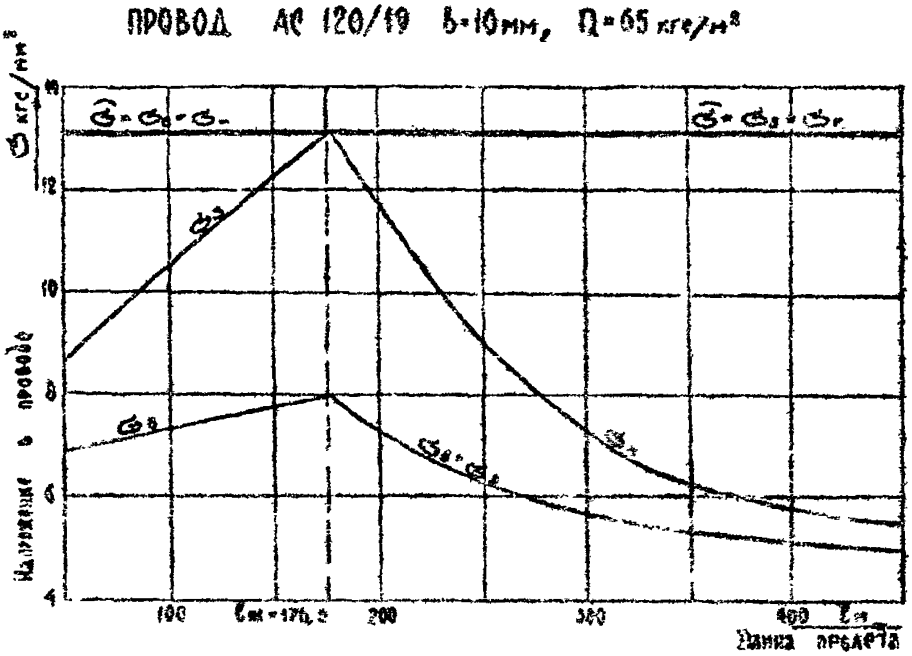
7. Расчет монтажных стрел провеса $f_м$ в середине пролета с учетом остаточных деформаций выполняется по формуле

$$f_м = \frac{\gamma_1 \ell^2}{8\sigma_м}, \qquad (3)$$

в которой обозначения величин приняты такими же, как и в уравнении(2).

8. Напряжения и стрелы провеса следует определять с точностью до второго знака после запятой.

Инв.№3471тм-ТI-8



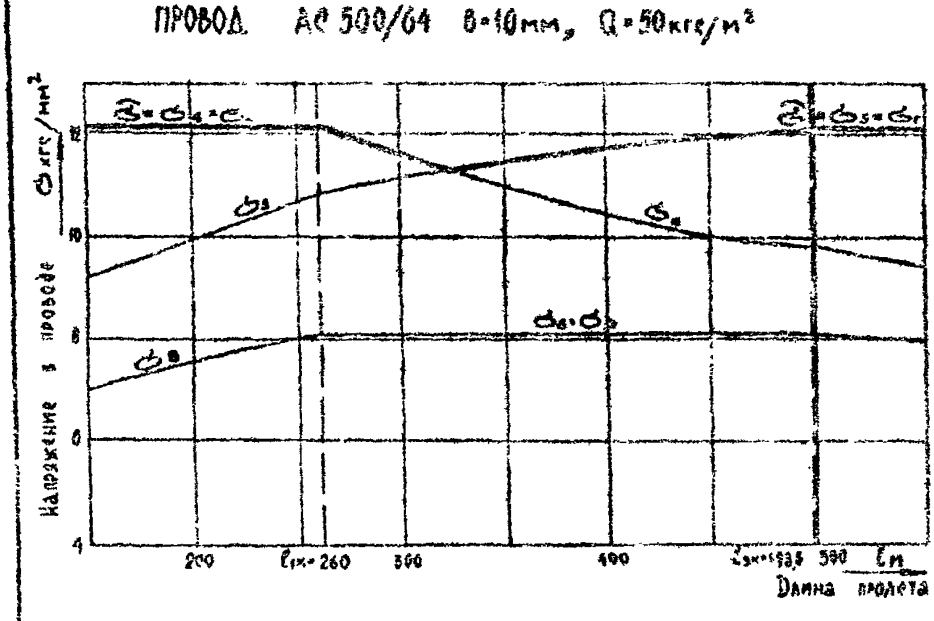


Рис 1 Примеры выбора режима наибольших напряжений для вычисления монтажных напряжений по уравнению (1)

Таблица I

Расчетные параметры, принимаемые для алюминиевых, сталеалюминиевых проводов и стальных тросов по ГОСТ 839-74, 3062-69 и 3063-66

Марки проводов и тросов	Модуль упругости E, кгс/мм^2	Модуль начального растяжения E_0, кгс/мм^2	Модуль предельного растяжения E_p, кгс/мм^2	Коэффициент температурного линейного расширения α, 1/град	Коэффициент A (при K_p=0,3)
А I6÷35	$6,3 \cdot 10^3$	$3,4 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$	$23 \cdot 10^{-6}$	0,819
А 50÷80	$6,3 \cdot 10^3$	$5,4 \cdot 10^3$	$3,6 \cdot 10^3$	$23 \cdot 10^{-6}$	0,767
АС 400/22; 500/27	$6,65 \cdot 10^3$	$6,1 \cdot 10^3$	$4,4 \cdot 10^3$	$21,2 \cdot 10^{-6}$	0,805
АС 330/27	$6,65 \cdot 10^3$	$6,4 \cdot 10^3$	$5,1 \cdot 10^3$	$21,2 \cdot 10^{-6}$	0,858
АС I50/I9; I85/24; 205/27; 240/32; 300/39; 330/43; 400/51; 450/56; 500/64; 550/71; 600/72; 650/79; 700/86; 750/93; 800/I05	$7,7 \cdot 10^3$	$6,9 \cdot 10^3$	$5,3 \cdot 10^3$	$19,8 \cdot 10^{-6}$	0,838
АС I0/I,8; I6/2,7; 25/4,2; 95/I5; I20/I9	$8,25 \cdot 10^3$	$7,3 \cdot 10^3$	$6,1 \cdot 10^3$	$19,2 \cdot 10^{-6}$	0,885
АС 35/6,2; 50/8,0; 70/II; 95/I6; I50/24; I85/29; 240/39; 300/48; 400/64	$8,25 \cdot 10^3$	$7,3 \cdot 10^3$	$5,7 \cdot 10^3$	$19,2 \cdot 10^{-6}$	0,847
АС I20/27; I50/34;	$8,9 \cdot 10^3$	$7,9 \cdot 10^3$	$6,8 \cdot 10^3$	$18,3 \cdot 10^{-6}$	0,903
АС I85/43; 240/56; 300/66; 400/93	$8,9 \cdot 10^3$	$7,9 \cdot 10^3$	$6,5 \cdot 10^3$	$18,3 \cdot 10^{-6}$	0,876

Продолжение таблицы I

Марки проводов и тросов	Модуль упругости E, кгс/мм^2	Модуль начального растяжения F, кгс/мм^2	Модуль предельного растяжения D, кгс/мм^2	Коэффициент температурного линейного расширения α, I/град	Коэффициент Δ (при K_p=0,3)
АС I85/I28	II,4.I0^3	I0,9.I0^3	I0.I0^3	I5,5.I0^{-6}	0,942
АС 300/204; 500/336	II,4.I0^3	I0,9.I0^3	9,8.I0^3	I5,5.I0^{-6}	0,929
АС 70/72	I3,35.I0^3	I2,8.I0^3	II,7.I0^3	I4,5.I0^{-6}	0,966
АС 95/I4I	I4,6.I0^3	I3,6.I0^3	I3.I0^3	I3,9.I0^{-6}	0,969
Стальные тросы (канаты)	20.I0^3	I8,9.I0^3	I8,9.I0^3	I2.I0^{-6}	I,000

Примечание: I. В таблице приведены параметры алюминиевых и сталеалюминиевых проводов, изготовленных из алюминиевых проволок марки АТ.

2. Для сталеалюминиевых проводов марок АСКП, АСКС, АСК принимаются такие же параметры, как и для проводов марок АС.

9. С целью накопления статистических данных о размерах уменьшения монтажных стрел провеса по сравнению с рассчитанными в установившемся режиме и дальнейшего сопоставления с размерами по ранее применявшимся методам, рекомендуется при составлении монтажных таблиц определять коэффициент уменьшения стрелы провеса K_f по формуле:

$$K_f = \frac{f_м}{f} \quad , \qquad (4)$$

или равноценной

$$K_f = \frac{\sigma}{\sigma_м} \quad , \qquad (4^a)$$

где f и σ - стрела провеса и напряжение в устанавливаемом режиме.

Коэффициент K_f следует рассчитывать для двух температур монтажа-наивысшей и наинизшей.

10. Если по истечении короткого промежутка времени после окончания монтажа провода по напряжениям или стрелам провеса с учетом остаточных деформаций наступит одно из сочетаний климатических условий, соответствующее режимам допускаемого по ПУЭ напряжения (наибольшей нагрузки, наинизшей температуры, среднегодовой температуры), то провод может получить перегрузку (перенапряжение), т.е. напряжения в нем может превысить допускаемое.

Напряжение перегрузки зависит от температуры монтажа и будет тем больше, чем выше эта температура. С целью сокращения числа расчетов напряжение перегрузки рассчитывается исходя из температуры монтажа, равной 50°С, так как при этом напряжение перегрузки близко к максимально возможному значению. Для расчета используется уравнение:

$$\sigma_п - \frac{\gamma_п^2 l^2 F}{24\sigma_п^2} = \sigma_м - \frac{\gamma_1^2 l^2 F}{24\sigma_м^2} - \alpha F(t_п - t_м), \qquad (5)$$

где $\sigma_п$ – напряжение перегрузки, кгс/мм2;

$\gamma_п$ – удельная нагрузка, соответствующая режиму перегрузки, кгс/мм2;

$t_п$ – температура в режиме перегрузки, °С.

Остальные обозначения в уравнении (5) приняты теми же, что и в уравнении (2).

Напряжение $\sigma_п$ рассчитывается в трех возможных режимах перегрузки:

$\sigma_{пг}$ – при наибольшей нагрузке ($\gamma_п = \gamma_г$, $t_п = t_г$),

$\sigma_{п-}$ – при наименьшей температуре ($\gamma_п = \gamma_г$, $t_п = t_-$),

$\sigma_{пэ}$ – при среднегодовой температуре ($\gamma_п = \gamma_г$, $t_п = t_э$).

II. Рассчитываются коэффициенты перегрузки провода по формулам:

$$\left.\begin{aligned} K_{пг} &= \frac{\sigma_{пг}}{\sigma_г}, \\ K_{п-} &= \frac{\sigma_{п-}}{\sigma_-}, \\ K_{пэ} &= \frac{\sigma_{пэ}}{\sigma_э}, \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

в которых

$K_{пг}, K_{п-}, K_{пэ}$ – коэффициенты перегрузки соответственно в режимах наибольшей нагрузки, наименьшей температуры и среднегодовой температуры,

$\sigma_г, \sigma_-, \sigma_э$ – допускаемые ПУЭ напряжения в соответствующих режимах, кгс/мм2.

I2. Коэффициенты перегрузки в режимах наибольшей нагрузки и наинизшей температуры не должны быть более I,25, а в режиме среднегодовой температуры – I,I5. При превышении этих значений монтажные напряжения должны быть снижены, а стрелы провеса соответственно увеличены до значений, обеспечивающих непревышение указанных величин коэффициентов перегрузки.

I3. Для определения сниженного значения монтажного напряжения при температуре монтажа $t_{м(+)}=30^{\circ}C$ используется уравнение

$$\sigma_{м.сн(+)} - \frac{\gamma_1^2 l^2 F}{24\sigma^2_{м.сн(+)}} = \sigma_{п.доп.} - \frac{\gamma_п^2 l^2 F}{24\sigma^2_{п.доп}} - \alpha F\left(t_{м(+)} - t_п\right) \quad (7)$$

где $\sigma_{м.сн(+)}$ – сниженное монтажное напряжение при температуре воздуха $30^{\circ}C$,

$\sigma_{п.доп}$ – допускаемое напряжение при перегрузке, равное I,25$\sigma_г$, I,25σ_- и I,I5$\sigma_э$ соответственно в режимах наибольшей нагрузки, наинизшей температуры и среднегодовой температуры,

$\gamma_п$ – удельная нагрузка провода в режиме перегрузки,

$t_п$ – температура воздуха в режиме перегрузки.

В уравнении (7) следует принимать $\sigma_{п.доп}$, $\gamma_п$ и $t_п$, соответствующие тому режиму, в котором относительное превышение коэффициента перегрузки над допускаемым значением было наибольшим.

I4. Для определения сниженного монтажного напряжения при других температурах монтажа следует для каждой температуры найти свое значение напряжения перегрузки $\sigma_п$ в том режиме, в котором при температуре монтажа $+30^{\circ}C$ относительное превышение коэффициента перегрузки над допускаемым было наибольшим.

Напряжение перегрузки в этом случае во всех трех возможных режимах перегрузки для всех температур монтажа определяется по уравнению (5), как и в п.I0, за исключением напряжения перегрузки

в режиме среднегодовой температуры для температур монтажа, меньших среднегодовой ($t_м < t_э$), определяемого по уравнению

$$\sigma_п - \frac{\gamma_п^2 l^2 E}{24\sigma_п^2} = \sigma_м - \frac{\gamma_1^2 l^2 E}{24\sigma_м^2} - \alpha E(t_п - t_м). \quad (8)$$

После определения напряжения $\sigma_п$, вычисляется коэффициент перегрузки $K_п$ по одному из отношений (6), и в случае его превышения над допускаемым значением, указанным в п.12, производится снижение заданного монтажного напряжения. Последнее определяется из уравнения (5) или (8) (в зависимости от того, какое из этих уравнений использовалось для расчета $\sigma_п$), в которых в качестве $\sigma_п$ принимается допускаемая величина напряжения перегрузки.

15. Сниженное монтажное напряжение для температур монтажа, меньших 30°С, с целью уменьшения числа расчетов, допускается определять на основании полученного в п.13 сниженного монтажного напряжения при температуре 30°С. В этом случае используется уравнение

$$\sigma_{м.сн.(t)} - \frac{\gamma_1^2 l^2 D}{24\sigma_{м.сн.(t)}^2 \Delta} = \sigma_{м.сн.(+)} - \frac{\gamma_1^2 l^2 D}{24\sigma_{м.сн.(+)}^2 \Delta} - \frac{\alpha D}{\Delta}(t_{м(t)} - t_{м(+)}), \quad (9)$$

где $\sigma_{м.сн.(t)}$, $t_{м(t)}$ – сниженное монтажное напряжение и температура монтажа,

$\sigma_{м.сн.(+)}$, $t_{м(+)}$ – напряжения и температура из уравнения (7).

Получаемые из (9) приближенные значения $\sigma_{м.сн.(t)}$ несколько занижены по сравнению с рассчитанными в п.14, так как они основаны на максимальной величине напряжения перегрузки.

I6. Настоящие РУ распространяются также на провода, изготовленные из других металлов и сплавов, если известны параметры их нагрузочно-разгрузочных характеристик и если предполагается их работа с напряжениями ниже предела текучести.

Пример. Вычислить монтажные напряжения и стрелы провеса с учетом остаточных деформаций и в установившемся режиме, коэффициенты уменьшения стрел провеса провода при монтаже и коэффициенты перегрузки.

Исходные данные: провод АС 300/39, толщина стенки гололеда в= 5 мм, максимальный скоростной напор ветра Q= 50 кгс/м^2. Длина пролета 256 м. Удельные нагрузки: $\gamma_1 = 3{,}34 \cdot 10^{-3}$ кгс/м.мм^2; $\gamma_2 = 4{,}79 \cdot 10^{-3}$ кгс/м.мм^2. Температуры: наинизшая $t_- = -40^\circ$С, при наибольшей нагрузке $t_г = -5^\circ$С, среднегодовая $t_э = 0$, при монтаже $t_м = 30$, 0 и -30°С. Допускаемые напряжения принимаются согласно решению Э-I2/75: $\sigma_г = I2{,}I5$ кгс/мм^2, $\sigma_- = I2{,}I5$ кгс/мм^2, $\sigma_э = 8{,}I$кгс/мм^2.

Модули и коэффициенты по табл.I РУ: $E = 7{,}7 \cdot 10^3$ кгс/мм^2, $F = 6{,}9 \cdot 10^3$ кгс/мм^2, $D = 5{,}3 \cdot 10^3$ кгс/мм^2, $\alpha = I9{,}8 \cdot 10^{-6}$ I/$^\circ$С.

Решение

I. Устанавливаем параметры режима наибольшего напряжения. Из систематического расчета провода АС 300/39 в I гололедном районе с максимальным скоростным напором ветра $Q = 50$ кгс/мм^2 для $\ell = 256$м следует: $\hat{\sigma} = \sigma_- = I2{,}I5$ кгс/мм^2, $\hat{\gamma} = \gamma_1 = 3{,}34 \cdot 10^{-3}$кгс/м.мм^2, $\hat{t} = t_- = -40^\circ$С.

2. Вычисляем монтажные напряжения по (I), стрелы провеса по (3). Предварительно находим коэффициент Δ по (2):

$$\Delta = \frac{5{,}3 \cdot I0^3}{6{,}9 \cdot I0^3} + 0{,}3\left(I - \frac{5{,}3 \cdot I0^3}{6{,}9 \cdot I0^3}\right) = 0{,}838 .$$

При температуре $t_м = 30^\circ$

$$\sigma_м - \frac{3{,}34^2 \cdot I0^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5{,}3 \cdot I0^3}{24 \cdot \sigma_м^2 \cdot 0{,}838} = \frac{I}{0{,}838} \cdot \left[I2{,}I5 - \frac{3{,}34^2 \cdot I0^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5{,}3 \cdot I0^3}{24 \cdot I2{,}I5^2} - I9{,}8 \cdot I0^{-6} \cdot 5{,}3 \cdot I0^3 \cdot (30+40)\right],$$

$\sigma_м = 7{,}69$ кгс/мм^2,

$$f_м = \frac{3{,}34 \cdot I0^{-3} \cdot 256^2}{3 \cdot 7{,}69} = 3{,}56 \text{ м};$$

При температуре $t_м = 0$

$$\sigma_м - \frac{3{,}34^2 \cdot I0^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5 \cdot 3 \cdot I0^3}{24 \cdot \sigma_м^2 \cdot 0{,}838} = \frac{I}{0{,}838} \cdot \left[I2{,}I5 - \frac{3{,}34^2 \cdot I0^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5 \cdot 3 \cdot I0^3}{24 \cdot I2{,}I5^2} - I9{,}8 \cdot I0^{-6} \cdot 5 \cdot 3 \cdot I0^3 (0+40) \right],$$

$$\sigma_м = I0{,}08 \text{ кгс/мм}^2,$$

$$f_м = \frac{3{,}34 \cdot I0^{-3} \cdot 256^2}{8 \cdot I0{,}08} = 2{,}7I \text{ м};$$

При температуре $t_м = -30^\circ$

$$\sigma_м - \frac{3{,}34^2 \cdot I0^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5 \cdot 3 \cdot I0^3}{24 \cdot \sigma_м^2 \cdot 0{,}838} = \frac{I}{0{,}838} \cdot \left[I2{,}I5 - \frac{3{,}34^2 \cdot I0^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5 \cdot 3 \cdot I0^3}{24 \cdot I2{,}I5^2} - I9{,}8 \cdot I0^{-6} 5 \cdot 3 \cdot I0^3 (-30+40) \right],$$

$$\sigma_м = I3{,}07 \text{ кгс/мм}^2,$$

$$f_м = \frac{3{,}34 \cdot I0^{-3} \cdot 256^2}{8 \cdot I3{,}07} = 2{,}09 \text{ м}.$$

3. Вычисляем напряжение и стрелу провеса в установившемся режиме (по обычному уравнению состояния) при температуре $t = 30^\circ$C

$$\sigma_{(30)} - \frac{3{,}34^2 \cdot I0^{-6} \cdot 256^2 \cdot 7{,}7 \cdot I0^3}{24 \cdot \sigma_{(30)}^2} = I2{,}I5 - \frac{3{,}34^2 \cdot I0^{-6} \cdot 256^2 \cdot 7{,}7 \cdot I0^3}{24 \cdot I2{,}I5^2} - I9{,}8 \cdot I0^{-6} \cdot 7{,}7 \cdot I0^3 \cdot (30+40)$$

$$\sigma_{(30)} = 6{,}I3 \text{ кгс/мм}^2$$

$$f_{(30)} = \frac{3{,}34 \cdot I0^{-3} \cdot 256^2}{8 \cdot 6{,}I3} = 4{,}46 \text{ м}.$$

При температуре $t = 0^\circ$ аналогично находим

$$\sigma_{(0)} = 8{,}07 \text{ кгс/мм}^2,$$

$$f_{(0)} = 3{,}39 \text{ м}.$$

При температуре $t = -30^{\circ}C$

$$\sigma_{(-30)} = 10{,}98 \text{ кгс/мм}^2,$$

$$f_{(-30)} = 2{,}49 \text{ м}.$$

4. Находим коэффициенты уменьшения стрелы провеса по (4):

$$K_{f(30)} = \frac{3{,}56}{4{,}46} = 0{,}798,$$

$$K_{f(-30)} = \frac{2{,}09}{2{,}49} = 0{,}839.$$

5. Вычисляем напряжения и коэффициенты перегрузки по (5) и (6):

а) в режиме гололеда с ветром

$$\sigma_{нг} = \frac{4{,}79^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6{,}9 \cdot 10^3}{24 \sigma_{нг}^2} = 7{,}69 - \frac{3{,}34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6{,}9 \cdot 10^3}{24 \cdot 7{,}69^2} -$$

$$- 19{,}8 \cdot 10^{-6} \cdot 6{,}9 \cdot 10^3 (-5-30),$$

$$\sigma_{нг} = 11{,}95 \text{ кгс/мм}^2,$$

$\sigma_{нг} < \sigma_г$, следовательно в этом режиме перегрузки нет;

б) в режиме наинизшей температуры:

$$\sigma_{н-} = \frac{3{,}34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6{,}9 \cdot 10^3}{24 \cdot \sigma_{н-}^2} = 7{,}69 - \frac{3{,}34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6{,}9 \cdot 10^3}{24 \cdot 7{,}69^2} -$$

$$- 19{,}8 \cdot 10^{-6} \cdot 6{,}9 \cdot 10^3 (-40-30),$$

$$\sigma_{н-} = 14{,}67 \text{ кгс/мм}^2,$$

$\sigma_{н-} > \sigma_-$. Коэффициент перегрузки равен

$$K_{п-} = \frac{14{,}67}{12{,}15} = 1{,}207,$$

что меньше допускаемого 1.25;

в) в режиме среднегодовой температуры

$$\sigma_{нэ} = \frac{3{,}34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6{,}9 \cdot 10^3}{24 \cdot \sigma_{нэ}^2} = 7{,}69 - \frac{3{,}34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6{,}9 \cdot 10^3}{24 \cdot 7{,}69^2} -$$

$$- 19{,}8 \cdot 10^{-6} \cdot 6{,}9 \cdot 10^3 (0-30),$$

$$\sigma_{нэ} = 10{,}24 \text{ кгс/мм2},$$

$\sigma_{нэ} > \sigma_э$. Коэффициент перегрузки равен

$$K_{нэ} = \frac{10{,}24}{8{,}1} = 1{,}264,$$

что превышает допускаемый 1,15.

Таким образом, согласно п.12 ПУ требуется снижение монтажных напряжений и соответствующая корректировка стрел провеса из-за перегрузки сверх допускаемой в районе среднегодовой температуры.

7. Вычисляем сниженное монтажное напряжение при температуре $t_м = 30^0$С по (7), принимая $\sigma_{н.зол} = 1{,}15.8{,}1 = 9{,}32$ кгс/мм^2:

$$\sigma_{м.сн(+)} = \frac{3{,}34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6{,}9 \cdot 10^3}{24 \cdot \sigma^2_{м.сн(+)}} = 9{,}32 - \frac{3{,}34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6{,}9 \cdot 10^3}{24 \cdot 9{,}32^2} -$$

$$19{,}8 \cdot 10^{-6} \cdot 6{,}9 \cdot 10^3 (30-0),$$

$$\sigma_{м.сн(+)} = 7{,}04 \text{ кгс/мм}^2.$$

Стрела провеса при $t_м = 30^0$ равна

$$f_{м(+)} = \frac{3{,}34 \cdot 10^{-3} \cdot 256^2}{8{,}7 \cdot 0{,}1} = 3{,}89 \text{ м}.$$

8. Находим напряжение перегрузки провода $\sigma_{нэ}$, если температура монтажа равна 0^0С, по уравнению (5):

$$\sigma_{нэ(0)} = \frac{3{,}34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6{,}9 \cdot 10^3}{24 \cdot \sigma^2_{нэ(0)}} = 10{,}08 - \frac{3{,}34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6{,}9 \cdot 10^3}{24 \cdot 10{,}08^2} -$$

$$19{,}8 \cdot 10^{-6} \cdot 6{,}9 \cdot 10^3 (0-0)$$

$$\sigma_{нэ(0)} = 10{,}08 \text{ кгс/мм}^2.$$

Коэффициент перегрузки $K_{нэ(0)} = \frac{10{,}08}{8{,}1} = 1{,}244$, что также превышает допускаемый 1,15.

Определяем сниженное монтажное напряжение из (5), принимая $\sigma_{н.зол.} = 1{,}15.8{,}1 = 9{,}32$ кгс/мм2:

Инв. № 3477кн-кI-19

$$\sigma_{н.с(о)} = \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6,9 \cdot 10^3}{24 \cdot \sigma^2_{н.с(о)}} = 9,32 - \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6,9 \cdot 10^3}{24 \cdot 9,32^2} -$$

$$- 19,8 \cdot 10^{-6} \cdot 6,9 \cdot 10^3 (0-0)$$

$$\sigma_{н.с(о)} = 9,32 \text{ кгс/мм}^2;$$

Стрела провеса при $t_м = 0^oC$ равна

$$f_{м(о)} = \frac{3,34 \cdot 10^{-3} \cdot 256^2}{8 \cdot 9,32} = 2,94 \text{ м}.$$

Повторяем расчеты для температуры монтажа – 30°С.

Напряжение перегрузки по уравнению (8):

$$\sigma_{нэ(-30)} = \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 7,7 \cdot 10^3}{24 \cdot \sigma^2_{нэ(-30)}} = 13,07 - \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 7,7 \cdot 10^3}{24 \cdot 13,07^2} -$$

$$- 19,8 \cdot 10^{-6} \cdot 7,7 \cdot 10^3 \cdot (0+30)$$

$$\sigma_{нэ(-30)} = 9,64 \text{ кгс/мм}^2;$$

Коэффициент перегрузки $K_{нэ(-30)} = \frac{9,64}{8,1} = 1,19$ 90% таких пролетов допускается.

Снижаем монтажное напряжение, используя уравнение (8):

$$\sigma_{м.с(-30)} = \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 7,7 \cdot 10^3}{24 \cdot \sigma^2_{м.с(-30)}} = 9,32 - \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 7,7 \cdot 10^3}{24 \cdot 9,32^2}$$

$$- 19,8 \cdot 10^{-6} \cdot 7,7 \cdot 10^3 (-30-0);$$

$$\sigma_{м.с(-30)} = 12,66 \text{ кгс/мм}^2$$

Монтажная стрела провеса при $t_м = -30^oC$

$$f_{м(-30)} = \frac{3,34 \cdot 10^{-3} \cdot 256^2}{8 \cdot 12,66} = 2,15 \text{ м}$$

Результаты расчетов сводим в монтажную таблицу:

Инв. № 3471тм-т1-20

Монтажная таблица напряжений и стрел провеса

Анкерованные участки	Пролеты, м	С учетом остаточных удлинений при температуре монтажа, град			По систематическому расчету провода при температуре, град		
		30	0	-30	30	0	-30
		Напряжения, кгс					
	256	7,04	9,32	12,66	6,13	8,07	10,98
		Стрелы провеса, м					
	256	3,89	2,94	2,16	4,46	3,39	2,49

Примечание: Коэффициенты уменьшения стрел провеса равны 0,798 ÷ 0,829,

наибольший коэффициент перегрузки $K_{пр}$ = 1,264 (произведено снижение коэффициента перегрузки до 1,15).

9. Находим приближенное сниженное монтажное напряжение при других температурах монтажа согласно п.15 РУ по уравнению (9):

при температуре $t_м = 0^oC$

$$\sigma_{м.сн(-30)} = \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5,3 \cdot 10^3}{24\sigma^2_{м.сн(0)} \cdot 0,838} = 7,04 - \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5,3 \cdot 10^3}{24 \cdot 7,04^2 \cdot 0,838} -$$

$$- \frac{19,8 \cdot 10^{-6} \cdot 5,3 \cdot 10^3}{0,838} \cdot (0-30),$$

$$\sigma_{м.сн(0)} = 9,19 \text{ кгс/мм}^2;$$

Стрела провеса при $t_м = 0^oC$

$$f_{м(0)} = \frac{3,34 \cdot 10^{-3} \cdot 256^2}{8 \cdot 9,19} = 2,98 \text{ м};$$

При температуре $t_м = -30^oC$

$$\sigma_{м.сн(-30)} = \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5,3 \cdot 10^3}{24\sigma^2_{м.сн(-30)} \cdot 0,838} = 7,04 - \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5,3 \cdot 10^3}{24 \cdot 7,04^2 \cdot 0,838} -$$

$$- 19,8 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{5,3 \cdot 10^3}{0,838} \cdot (-30-30),$$

$$\sigma_{м.сн(-30)} = 12,00 \text{ кгс/мм}^2;$$

Стрела провеса при $t_м = -30^0$С

$$f_{м(-30)} = \frac{8,34 \cdot 10^{-3} \cdot 256^2}{8,12,00} = 2,28 \text{ м.}$$

Результаты расчетов сводим в монтажную таблицу:

Монтажная таблица напряжений и стрел провесов

Анкеровочный участок	Пролеты, м	С учетом остаточных удлинений при температуре монтажа, град			По систематическому расчету провода при температуре, град		
		30	0	-30	30	0	-30
		Напряжения, кгс/мм²					
	256	7,04	9,19	I2,0	6,I3	8,07	I0,98
		Стрелы провеса, м					
	256	3,89	2,98	2,28	4,46	3,39	2,49

Примечание: Коэффициенты уменьшения стрел провеса, равны 0,798÷0,829. Наибольший коэффициент перегрузки $K_{пе} = 1,264$ (произведено снижение коэффициента перегрузки до I,I5).

gost.e-ecolog.ru