

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ССРС
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
Изм. № 3471тм-г. I

Главный инженер	<i>Ш. Бурнашев</i>	Ш. Бурнашев
Нач. технического отдела	<i>А. Туркот</i>	А. Туркот
Зав. лабораторией горных линий	<i>Л. Косолапов</i>	Л. Косолапов
Руководитель группы	<i>Л. Яновский</i>	Л. Яновский

Ташкент, 1976 г.

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ССРС
ГЛАВНИИПРОЕКТ
ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
ВИПИ 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
Ивл. № 3471тм-г. I

Главный инженер	<i>Ш. Бурнашев</i>	Ш. Бурнашев
Нач. технического отдела	<i>А. Туркот</i>	А. Туркот
Зав. лабораторией горных линий	<i>Л. Кесельман</i>	Л. Кесельман
Руководитель группы	<i>Л. Яновский</i>	Л. Яновский

Ташкент, 1976 г.

АННОТАЦИЯ

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

В настоящих Временных руководящих указаниях (РУ) приводится аналитический метод расчета монтажных напряжений и отрез провеса проводов и тросов с учетом их остаточных удлинений. Под монтажными понимаются при этом напряжения увеличенные, а отрез провеса соответственно уменьшенные по сравнению со значениями, определенными 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 напряжения в режимах допустимых 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 истечении 2-3 лет их повсеместного использования.

Инд. № 347/тм-тI-4

РУ подготовлен Среднеазиатским отделением института при участии главного специалиста отделения дальних передач Колякова И.М. и сеткудильщиков технического отдела института Зеляченко А.С., Хотинского В.Г., Еремовой З.Ф.

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

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

При окончательном редактировании текста РУ учтен ряд исправок, предложенный к.т.н. Матвеевым Ф.П.

Работа выполнена в двух томах:

Том I - Временные руководящие указания.

Том II - Исходительная записка к Временным руководящим указаниям.

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

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

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

3. РУ не распространяются на ВЛ, прокладываемые в особых географических районах, для которых ПУЗ допускает допущенное до 60% превышение

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

РУ также не распространяется 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 (для соответствующего течения), рассчитанные в соответствии с настоящими РУ. Исключения 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 горлака I и не менее. Для таких случаев при монтаже используются установившиеся напряжения и стрелы провеса, для получения которых способом без учета остаточных деформаций.

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

$$\sigma_m - \frac{\gamma^2 l^2 D}{24 \sigma_m^2 \Delta} = \frac{1}{\Delta} \left[\sigma - \frac{\gamma^2 l^2 D}{24 \sigma^2} - \Delta D (t_m - \bar{t}) \right], \quad (1)$$

- где σ_m - монтажное напряжение с учетом остаточных деформаций, кгс/мм²;
- σ - наибольшее напряжение для данного пролета l , соответствующее точке на верхней отгибающей кривых систематического расчета провода (см. рис. I), кгс/мм²;
- l - длина анкерowanego пролета или длина приведенного пролета анкерowanego участка, м;
- δ_1 - удельная нагрузка при монтаже, кгс/м.мм²;
- δ - удельная нагрузка, соответствующая режиму наибольшего напряжения, кгс/м.мм²;
- t_m - температура монтажа провода, °С;
- t - температура, соответствующая режиму наибольшего напряжения, °С;
- α - температурный коэффициент линейного расширения, 1/град;
- Δ - безразмерный коэффициент, определяемый по формуле

$$\Delta = \frac{D}{\sigma} + \kappa_p \left(1 - \frac{D}{\sigma}\right) \quad (2)$$

- σ - модуль начального растяжения провода, принимаемый по табл. I, кгс/мм²;
- D - модуль предельного растяжения провода, принимаемый по табл. I, кгс/мм²;
- κ_p - коэффициент реализации ползучести провода при монтаже. В расчетах следует принимать $\kappa_p = 0,3$.

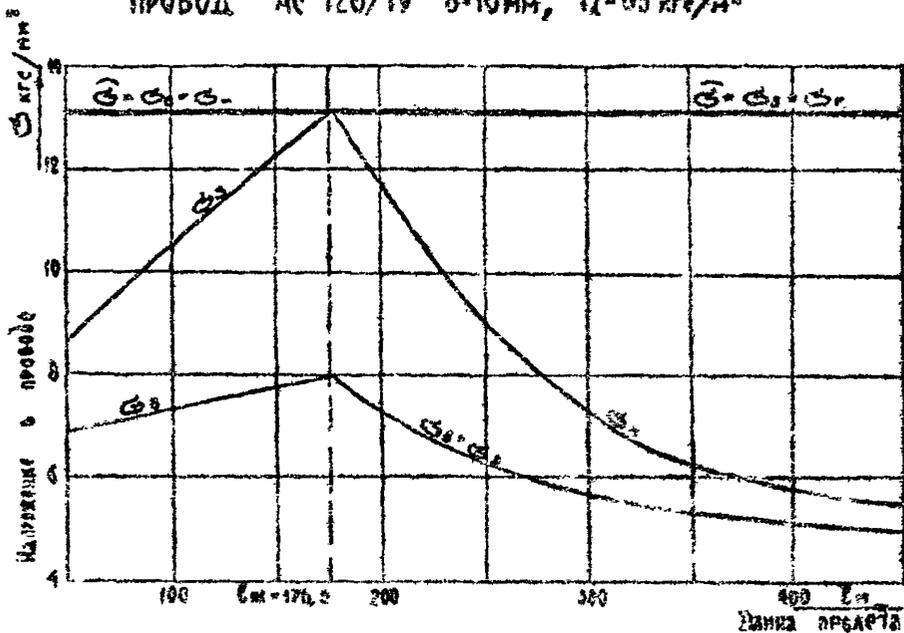
7. Расчет монтажных стрел провеса f_m в середине пролета с учетом остаточных деформаций выполняется по формуле

$$f_m = \frac{\delta_1 l^2}{8 \sigma_m} \quad (3)$$

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.

ПРОВОД АС 120/19 $b=10\text{мм}$, $Q=65\text{кгс/м}^2$



ПРОВОД АС 500/64 $b=10\text{мм}$, $Q=50\text{кгс/м}^2$

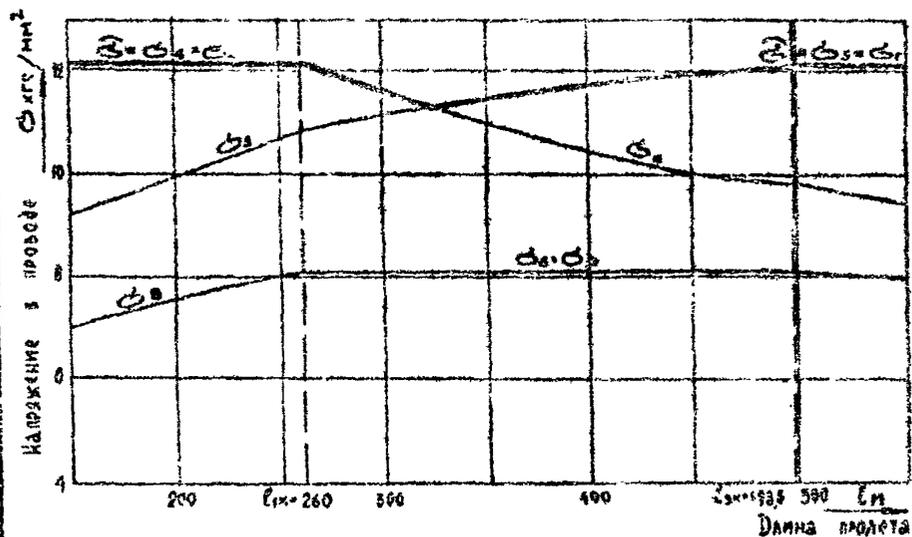


Рис 1 Примеры выбора режима наибольших напряжений для вычисления монтажных напряжений по уравнению (1)

Таблица I

Расчетные параметры, принимаемые для алюминиевых, сталюалюминиевых проводов и стальных тросов по ГОСТ 639-74, 3062-69 и 3063-65

Марки проводов и тросов	Модуль упругости E , кгс/мм ²	Модуль начального растяжения E_0 , кгс/мм ²	Модуль предельного растяжения E_1 , кгс/мм ²	Коэффициент температурного расширения α , 1/град	Коэффициент Δ (при $K_T=0,3$)
A 16+35	$6,9 \cdot 10^3$	$5,4 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$	$23 \cdot 10^{-6}$	0,819
A 50+80	$6,8 \cdot 10^3$	$5,4 \cdot 10^3$	$3,6 \cdot 10^3$	$23 \cdot 10^{-6}$	0,767
AC 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
AC 380/27	$6,65 \cdot 10^3$	$6,4 \cdot 10^3$	$5,1 \cdot 10^3$	$21,2 \cdot 10^{-6}$	0,858
AC 150/19; 185/24; 205/27; 240/32; 300/39; 330/43; 400/51; 450/56; 500/64; 550/71; 600/72; 650/79; 700/86; 750/93; 800/105	$7,7 \cdot 10^3$	$6,9 \cdot 10^3$	$5,3 \cdot 10^3$	$19,8 \cdot 10^{-6}$	0,838
AC 10/1,8; 16/2,7; 25/4,2; 95/15; 120/3	$8,25 \cdot 10^3$	$7,3 \cdot 10^3$	$6,1 \cdot 10^3$	$19,2 \cdot 10^{-6}$	0,885
AC 95/6,2; 50/8,0; 70/11; 95/16; 150/24; 185/29; 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
AC 120/27; 150/34;	$8,9 \cdot 10^3$	$7,9 \cdot 10^3$	$6,8 \cdot 10^3$	$18,3 \cdot 10^{-6}$	0,905
AC 185/43; 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_0 , кгс/мм ²	Модуль предельного растяжения F_0 , кгс/мм ²	Коэффициент температурного линейного расширения α , 1/град	Коэффициент Δ (при $K_p=0,3$)
АС 185/128	$11,4 \cdot 10^3$	$10,9 \cdot 10^3$	$10 \cdot 10^3$	$15,5 \cdot 10^{-6}$	0,942
АС 300/204; 500/336	$11,4 \cdot 10^3$	$10,9 \cdot 10^3$	$9,8 \cdot 10^3$	$15,5 \cdot 10^{-6}$	0,929
АС 70/72	$13,35 \cdot 10^3$	$12,8 \cdot 10^3$	$11,7 \cdot 10^3$	$14,5 \cdot 10^{-6}$	0,966
АС 95/141	$14,6 \cdot 10^3$	$13,8 \cdot 10^3$	$13 \cdot 10^3$	$13,9 \cdot 10^{-6}$	0,969
Стальные тросы (канаты)	$20 \cdot 10^3$	$18,9 \cdot 10^3$	$18,9 \cdot 10^3$	$12 \cdot 10^{-6}$	1,000

Примечание: 1. В таблице приведены параметры алюминиевых и сталюалюминиевых проводов, изготовленных из алюминиевых проволок марки АГ.

2. Для сталюалюминиевых проводов марок АСКН, АСКС, АСК принимаются такие же параметры, как и для проводов марки АС.

9. С целью накопления статистических данных о размерах уменьшения монтажных стрел проводов по сравнению с рассчитанными в установленном режиме и дальнейшего сопоставления о размерах по ранее применявшимся методам, рекомендуется при осуществлении монтажных работ определять коэффициент уменьшения стрел проводов K_f по формуле:

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

или равноценной

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

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

Коэффициент K_f следует рассчитывать для двух температур монтажно-нависшей и нависшей.

10. Если по истечении короткого промежутка времени после окончания монтажа провода по напряжениям или стрелам проводов с учетом остаточных деформаций наступит одно из сочетаний минимальных условий, соответствующее режимам допустимого по ПУЭ напряжения (наибольшей нагрузки, наименьшей температуры, среднесуточной температуры), то провод может получить перегрузку (перенапряжение), т.е. напряжение в нем может превысить допустимое.

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 30°C, так как при этом напряжение перегрузки близко к максимуму возможному значению. Для расчета используется уравнение:

$$\sigma_n - \frac{\gamma_n^2 \ell^2 F}{24 \sigma_n^2} = \sigma_n - \frac{\gamma_1^2 \ell^2 F}{24 \sigma_n^2} - \alpha F (t_n - t_n); \quad (5)$$

Изм. № 3471 тп-И-12

где σ_n - напряжение перегрузки, кгс/мм²;
 δ_n - удельная нагрузка, соответствующая режиму перегрузки,
 кгс/мм²;
 t_n - температура в режиме перегрузки, °С.

Остаточные обозначения в уравнении (5) приняты такими же,
 как и в уравнении (2).

Напряжение σ_n рассчитывается в трех возможных режимах перегрузки:

σ_{nr} - при наибольшей нагрузке ($\delta_n = \delta_r, t_n = t_r$),
 σ_{n-} - при наименьшей температуре ($\delta_n = \delta_-, t_n = t_-$),
 $\sigma_{nз}$ - при среднегодовой температуре ($\delta_n = \delta_0, t_n = t_0$).

II. Рассчитываются коэффициенты перегрузки проволоки по формулам:

$$\left. \begin{aligned} K_{nr} &= \frac{\sigma_{nr}}{\sigma_r}, \\ K_{n-} &= \frac{\sigma_{n-}}{\sigma_-}, \\ K_{nз} &= \frac{\sigma_{nз}}{\sigma_з}, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

в которых

$K_{nr}, K_{n-}, K_{nз}$ - коэффициенты перегрузки соответственно в режимах наибольшей нагрузки, наименьшей температуры и среднегодовой температуры,

$\sigma_r, \sigma_-, \sigma_з$ - допустимые ПЭД напряжения в соответствующих режимах, кгс/мм².

12. Коэффициенты перегрузки в режимах наибольшей нагрузки и наименьшей температуры не должны быть более 1,25, а в режиме среднегодовой температуры - 1,15. При превышении этих значений монтажные напряжения должны быть снижены, а стрелы провеса соответственно увеличены до значений, обеспечивающих непревышение указанных величин коэффициентов перегрузки.

13. Для определения сниженного монтажного напряжения при температуре монтажа $t_{m(30)}$ используется уравнение

$$\sigma_{m(t)} - \frac{\gamma_1^2 l^2 F}{24 \sigma_{m(t)}^2} = \sigma_{n, \text{доп.}} - \frac{\gamma_n^2 l^2 F}{24 \sigma_{n, \text{доп.}}^2} - \alpha F (t_{m(t)} - t_n) \quad (7)$$

где $\sigma_{m(t)}$ - сниженное монтажное напряжение при температуре воздуха 30°C .

$\sigma_{n, \text{доп.}}$ - допускаемое напряжение при перегрузке, равное $1,25 \sigma_1$, $1,25 \sigma_2$ и $1,15 \sigma_3$ соответственно в режимах наибольшей нагрузки, наименьшей температуры и среднегодовой температуры,

γ_n - удельная нагрузка провода в режиме перегрузки,

t_n - температура воздуха в режиме перегрузки.

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

14. Для определения сниженного монтажного напряжения при других температурах монтажа следует для каждой температуры найти свое значение напряжения перегрузки σ_n в том режиме, в котором при температуре монтажа 30°C относительное превышение коэффициента перегрузки над допускаемым было наибольшим.

Напряжения перегрузки в этом случае во всех трех возможных режимах перегрузки для всех температур монтажа определяется по уравнению (5), как и в п.10, за исключением напряжения перегрузки.

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

$$\sigma_n - \frac{\gamma^2 l^2 E}{24 \sigma_n^2} = \sigma_m - \frac{\gamma^2 l^2 E}{24 \sigma_m^2} - \alpha E (t_n - t_m). \quad (8)$$

По-прежнему определяя напряжения σ_n , вычисляется коэффициент перегрузки K_n по одному из соотношений (6), и в случае его превышения над допустимым значением, указанным в п.12, производится снижение данного монтажного напряжения. Последнее определяется из уравнения (8) или (7) (в зависимости от того, какое из этих уравнений использовалось для расчета σ_n), в которых в качестве σ_n принимается допустимая величина напряжения перегрузки.

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

$$\sigma_{м.сн.(t)} - \frac{\gamma^2 l^2 D}{24 \sigma_{м.сн.(t)}^2 \Delta} = \sigma_{м.сн.(30)} - \frac{\gamma^2 l^2 D}{24 \sigma_{м.сн.(30)}^2 \Delta} - \frac{\alpha D}{\Delta} (t_{м.сн.} - t_{30}). \quad (9)$$

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

$\sigma_{м.сн.(30)}$, $t_{м.(30)}$ — 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.

16. 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 к стрелам провеса с учетом остаточных деформаций и в устанавливаемом режиме, коэффициенты уменьшения стрел провеса провода при монтаже и коэффициенты перегрузки.

Исходные данные: провод АС 300/39, толщина стенки голланды $\delta = 6$ мм, максимальный скоростной напор ветра $Q = 50$ кгс/м². Длина пролета 256 м. Удельные нагрузки: $\gamma_1 = 3,34 \cdot 10^{-8}$ кгс/м.мм²; $\gamma_2 = 4,79 \cdot 10^{-8}$ кгс/м.мм². Температуры; возникающая $t_{\text{н}} = -40^\circ\text{C}$, при наибольшей нагрузке $t_{\text{р}} = -5^\circ\text{C}$, среднегодовая $t_{\text{с}} = 0$, при монтаже $t_{\text{м}} = 30, 0$ и -30°C . Допускаемые напряжения принимаются согласно решению Э-12/75: $\sigma_{\text{н}} = 12,15$ кгс/мм², $\sigma_{\text{р}} = 12,15$ кгс/мм², $\sigma_{\text{с}} = 8,1$ кгс/мм².

Модуль и коэффициенты по табл. I РУ: $E = 7,7 \cdot 10^3$ кгс/мм², $F = 6,9 \cdot 10^8$ кгс/мм², $D = 5,3 \cdot 10^9$ кгс/мм², $\alpha = 19,8 \cdot 10^{-6}$ 1/°C.

Решение

1. Устанавливаем параметры режима наибольшего напряжения. Из систематического расчета провода АС 300/39 в I подомедном районе с максимальным скоростным напором ветра $Q = 50$ кгс/мм² для $l = 256$ м следует: $\hat{\sigma} = \sigma_{\text{н}} = 12,15$ кгс/мм², $\hat{\gamma} = \gamma_1 = 3,34 \cdot 10^{-8}$ кгс/м.мм², $\hat{t} = t_{\text{н}} = -40^\circ\text{C}$.

2. Вычисляем монтажные напряжения по (1), стрелы провеса по (8).

Предварительно находим коэффициент Δ по (2):

$$\Delta = \frac{5,3 \cdot 10^9}{6,9 \cdot 10^8} + 0,3 \left(1 - \frac{5,3 \cdot 10^9}{6,9 \cdot 10^8} \right) = 0,838.$$

При температуре $t_{\text{м}} = 30^\circ$

$$\sigma_{\text{м}} = \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5,3 \cdot 10^9}{24 \cdot \sigma_{\text{н}}^2 \cdot 0,838} = \frac{1}{0,838} \cdot \left[12,15 - \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5,3 \cdot 10^9}{24 \cdot 12,15^2} - 19,8 \cdot 10^{-6} \cdot 5,3 \cdot 10^9 \cdot (30 + 40) \right],$$

Иев. КЗ47ИМ-ГІ-16

$$\sigma_m = 7,69 \text{ кгс/мм}^2,$$

$$f_m = \frac{3,34 \cdot 10^{-3} \cdot 256^2}{3,7,69} = 3,56 \text{ м};$$

При температуре $t_m = 0$

$$\sigma_m = \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5,3 \cdot 10^3}{24 \cdot \sigma_m^2 \cdot 0,838} = \frac{1}{0,838} \cdot \left[12,15 - \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5,3 \cdot 10^3}{24 \cdot 12,15^2} - 19,8 \cdot 10^{-6} \cdot 5,3 \cdot 10^3 \cdot (0+40) \right],$$

$$\sigma_m = 10,08 \text{ кгс/мм}^2,$$

$$f_m = \frac{3,34 \cdot 10^{-3} \cdot 256^2}{8 \cdot 10,08} = 2,71 \text{ м};$$

При температуре $t_m = -30^\circ$

$$\sigma_m = \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5,3 \cdot 10^3}{24 \cdot \sigma_m^2 \cdot 0,838} = \frac{1}{0,838} \cdot \left[12,15 - \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5,3 \cdot 10^3}{24 \cdot 12,15^2} - 19,8 \cdot 10^{-6} \cdot 5,3 \cdot 10^3 \cdot (-30+40) \right],$$

$$\sigma_m = 13,07 \text{ кгс/мм}^2,$$

$$f_m = \frac{3,34 \cdot 10^{-3} \cdot 256^2}{8 \cdot 13,07} = 2,09 \text{ м}.$$

3. Вычисляем напряжения и стрелы провеса в установившемся режиме (по общему уравнению состояния) при температуре $t = 30^\circ\text{C}$

$$\sigma_{(30)} = \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 7,7 \cdot 10^3}{24 \cdot \sigma_{(30)}^2} = 12,15 - \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 7,7 \cdot 10^3}{24 \cdot 12,15^2} -$$

$$- 19,8 \cdot 10^{-6} \cdot 7,7 \cdot 10^3 \cdot (30+40)$$

$$\sigma_{(30)} = 6,13 \text{ кгс/мм}^2$$

$$f_{(30)} = \frac{3,34 \cdot 10^{-3} \cdot 256^2}{8 \cdot 6,13} = 4,46 \text{ м}.$$

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

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

$$f_{(0)} = 3,39 \text{ м}.$$

Изм. № 3471гм-гI-17

При температуре $t = -30^{\circ}\text{C}$

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

$$f_{(-30)} = 2,49 \text{ м.}$$

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

$$\sigma_{\text{нг}} = \frac{4,79^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6,9 \cdot 10^8}{24 \cdot \sigma_{\text{нг}}^2} = 7,69 \cdot \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6,9 \cdot 10^8}{24 \cdot 7,69^2}$$

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

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

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

б) в режиме наименьшей температуры:

$$\sigma_{\text{н-}} = \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6,9 \cdot 10^8}{24 \cdot \sigma_{\text{н-}}^2} = 7,69 \cdot \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6,9 \cdot 10^8}{24 \cdot 7,69^2}$$

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

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

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

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

что меньше допускаемого 1,25;

в) в режиме среднегодовой температуры

$$\sigma_{\text{нз}} = \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6,9 \cdot 10^8}{24 \cdot \sigma_{\text{нз}}^2} = 7,69 \cdot \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6,9 \cdot 10^8}{24 \cdot 7,69^2}$$

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

Ивв. № 3471тм-тI-16

$$\sigma_{нз} = 10,24 \text{ кгс/мм}^2,$$

$\sigma_{нз} > \sigma_s$. Коэффициент перегрузки равен

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

что превышает допускаемый 1,15.

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

7. Вычисляем среднее монтажное напряжение при температуре

$$t_m = 30^\circ\text{C по (7), принимая } \sigma_{нз(0)} = 1,15 \cdot 8,1 = 9,32 \text{ кгс/мм}^2:$$

$$\sigma_{м(0)} = \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6,9 \cdot 10^9}{24 \cdot \sigma_{нз(0)}^2} = 9,32 - \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6,9 \cdot 10^9}{21,6 \cdot 32^2}$$

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

$$\sigma_{м(0)} = 7,04 \text{ кгс/мм}^2.$$

Стрела провеса при $t_m = 30^\circ\text{C}$ равна

$$f_{н(м)} = \frac{3,34 \cdot 10^{-3} \cdot 256^2}{6,7 \cdot 31} = 3,63 \text{ м.}$$

8. Находим напряжение перегрузки провода $\sigma_{нз}$, если температура монтажа равна 0°C , по уравнению (5):

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

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

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

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

Определяем среднее монтажное напряжение из (5), принимая

$$\sigma_{нз(0)} = 1,15 \cdot 8,1 = 9,32 \text{ кгс/мм}^2:$$

Мил. № 3471гм-к1-19

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{нст(0)}} &= \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6,9 \cdot 10^3}{24 \cdot \sigma_{\text{нст(0)}}^2} = 9,32 - \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5,9 \cdot 10^3}{24 \cdot 9,32^2} \\ &- 19,8 \cdot 10^{-6} \cdot 6,9 \cdot 10^3 (0-0) \\ \sigma_{\text{нст(0)}} &= 9,32 \text{ кгс/мм}^2; \end{aligned}$$

Стрела провеса при $t_m = 0^\circ\text{C}$ равна

$$f_{\text{н(0)}} = \frac{3,34 \cdot 10^{-3} \cdot 256^2}{8 \cdot 9,32} = 2,94 \text{ м.}$$

Повторим расчеты для температуры монтажа -30°C .

Напряжения перегрузки по уравнению (8):

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{нэ(-30)}} &= \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 7,7 \cdot 10^3}{24 \cdot \sigma_{\text{нэ(-30)}}^2} = 13,07 - \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 7,7 \cdot 10^3}{24 \cdot 13,07^2} \\ &- 19,8 \cdot 10^{-6} \cdot 7,7 \cdot 10^3 (0-30) \\ \sigma_{\text{нэ(-30)}} &= 9,64 \text{ кгс/мм}^2; \end{aligned}$$

Коэффициент перегрузки $K_{\text{нэ(-30)}} = \frac{9,64}{8,1} = 1,19\%$ также превышает допустимый.

Снизим монтажное напряжение, используя уравнение (8):

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{н.ст.(-30)}} &= \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 7,7 \cdot 10^3}{24 \cdot \sigma_{\text{н.ст.(-30)}}^2} = 9,32 - \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 7,7 \cdot 10^3}{24 \cdot 9,32^2} \\ &- 19,8 \cdot 10^{-6} \cdot 7,7 \cdot 10^3 (-30-0); \\ \sigma_{\text{н.ст.(-30)}} &= 12,66 \text{ кгс/мм}^2 \end{aligned}$$

Местная стрела провеса при $t_m = -30^\circ\text{C}$

$$f_{\text{ст(-30)}} = \frac{3,34 \cdot 10^{-3} \cdot 256^2}{8 \cdot 12,66} = 2,16 \text{ м}$$

Результаты расчетов оведем в монтажную таблицу:

монтажная таблица напряжений и стрел провеса

Анкеро- заванье участка	Пролеты, м	с учетом остаточных удлинений при темпе- ратуре монтажа, град			по системе катаному прово- ду провеса при температуре град		
		30	0	-30	30	0	-30

Напряжения, кгс

256 7,04 9,32 12,66 5,13 8,07 10,98

Стрелы провеса, м

256 3,09 2,94 2,16 4,46 3,39 2,49

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

наибольший коэффициент перегрузки $K_{до} = 1,264$ (производится сни-
жение коэффициента перегрузки до 1,15).

9. Находим приближенное снижаемое монтажное напряжение при дру-
гих температурах монтажа согласно п.15 РУ по уравнению (9):

при температуре $t_m = 0^\circ\text{C}$

$$\sigma_{м.ст(0)} = \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5,3 \cdot 10^8}{246^2 \cdot 0,838} \cdot 7,04 - \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5,3 \cdot 10^8}{24 \cdot 7,04^2 \cdot 0,838} -$$

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

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

Стрела провеса при $t_m = 0^\circ\text{C}$

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

При температуре $t_m = -30^\circ\text{C}$

$$\sigma_{м.ст(-30)} = \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5,3 \cdot 10^8}{246^2 \cdot 0,838} \cdot 7,04 - \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 5,3 \cdot 10^8}{24 \cdot 7,04^2 \cdot 0,838} -$$

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

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

№ п. в 3471тн-11-21

Стрела провеса при $t_M = -30^{\circ}\text{C}$

$$f_{M(-30)} = \frac{3,34 \cdot 10^{-3} \cdot 256^2}{8 \cdot 12,09} = 2,28 \text{ м.}$$

Результаты расчетов сводим в монтажную таблицу:

Монтажная таблица напряжений и стрел провеса

Анkers- ванны участка	Пролеты к	С учетом остаточных удлинений при темпе- ратуре монтажа, град			По систематическому расчету провода при температуре, град		
		: 30	: 0	: -30	: 30	: 0	: -30

Над (монтаж), °к

256	7,04	9,19	12,0	6,73	6,07	10,98
-----	------	------	------	------	------	-------

Стрела провеса, м

256	3,69	2,98	2,28	4,46	3,39	2,49
-----	------	------	------	------	------	------

Примечание: Коэффициенты уменьшения ^{стрел} провеса, равны 0,798+0,829.
 Наибольший коэффициент перегрузки $K_{по} = 1,264$ (произведено снижение
 коэффициента перегрузки до 1,15).