

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ССРС  
ГЛАВПРОЕКТ  
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-т.1

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

Ташкент, 1976 г.

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ССРС  
ГЛАВПРОЕКТ  
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-т.1

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

Ташкент, 1976 г.

### АННОТАЦИЯ

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

В настоящих Временных руководящих указаниях (РУ) приводится аналитический метод расчета монтажных напряжений и отклонения провеса проводов и тросов с учетом их остаточных удлинений. Под монтажными понимаются при этом напряжения увеличенные, а отклонения 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 исторически-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.

Ивв. № 347/ти-тI-4

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

Непосредственное участие в выполнении работ принимали зав. лабораторией горных жидк. К.Г.Н. Касельман Л.М., руководитель группы Ливецкий Л.А., младший научный сотрудник Дуров В.В., инж. Бубличенко О.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.Г.Н. Матвеевым Ф.П.

Работа издана в двух томах:

Том I - Временные руководящие указания,

Том II - Базовительная вилка в Временные руководящие указания.

**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 "тросов"). РУ могут быть применены для проводов, изготовленных из других металлов, если известны аналогичные параметры из экспериментальных диаграмм растяжения.

3. РУ не распространяются на ВЛ, прокладываемые в особых горадных районах, для которых ПУЭ допускает возмещение до 60% провеса

соответствия напряжение в сталеалюминиевых проводах при наибольших годовых нагрузках. Для таких случаев принятие в настоящих РУ параметров прямолинейных участков диаграмм растяжения приводит 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 (для соответствующего тяжения), 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 порядка 1 м и менее. Для таких случаев при монтаже используются установившиеся напряжения и стрелы провеса, для которых расчетным способом без учета остаточных деформаций.

6. Расчет монтажных напряжений в проводе 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  $\sigma_m$  - монтажное напряжение с учетом остаточных деформаций, кгс/мм<sup>2</sup>;
- $\bar{\sigma}$  - наибольшее напряжение для данного пролета  $l$ , соответствующее точке на верхней огибающей кривых систематического расчета провода (см. рис.1), кгс/мм<sup>2</sup>;
- $l$  - длина анкерowanego пролета или длина приведенного пролета анкерowanego участка, м;
- $\delta_1$  - удельная нагрузка при монтаже, кгс/м.мм<sup>2</sup>;
- $\bar{\delta}$  - удельная нагрузка, соответствующая режиму наибольшего напряжения, кгс/м.мм<sup>2</sup>;
- $t_m$  - температура монтажа провода, °С;
- $\bar{t}$  - температура, соответствующая режиму наибольшего напряжения, °С;
- $\alpha$  - температурный коэффициент линейного расширения, 1/град;
- $\Delta$  - безразмерный коэффициент, определяемый по формуле

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

- $E$  - модуль начального растяжения провода, принимаемый по табл. I, кгс/мм<sup>2</sup>;
- $D$  - модуль предельного растяжения провода, принимаемый по табл. I, кгс/мм<sup>2</sup>;
- $\kappa_p$  - коэффициент реализации ползучести провода при монтаже. В расчетах следует принимать  $\kappa_p = 0,3$ .

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

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

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

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

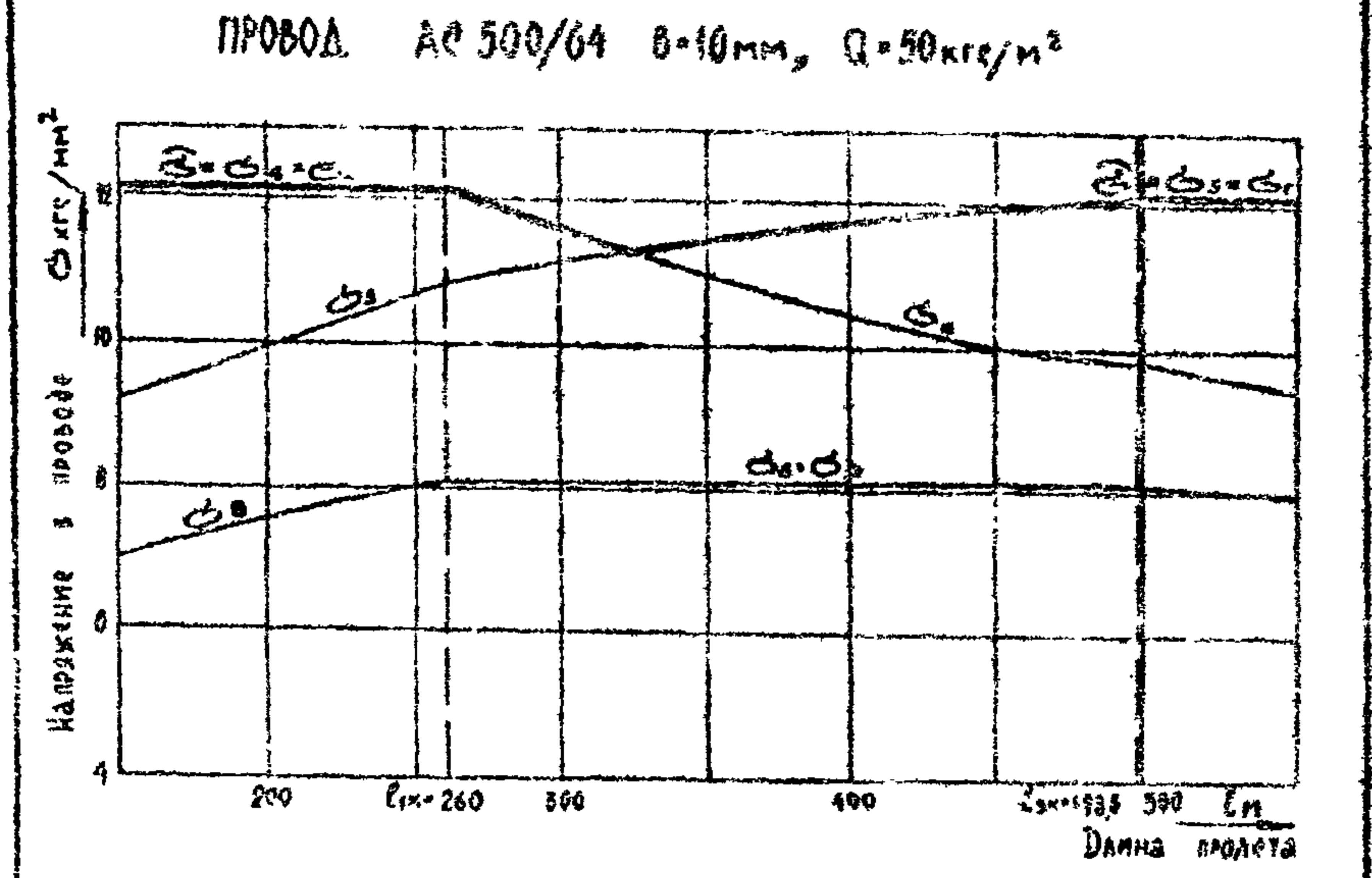
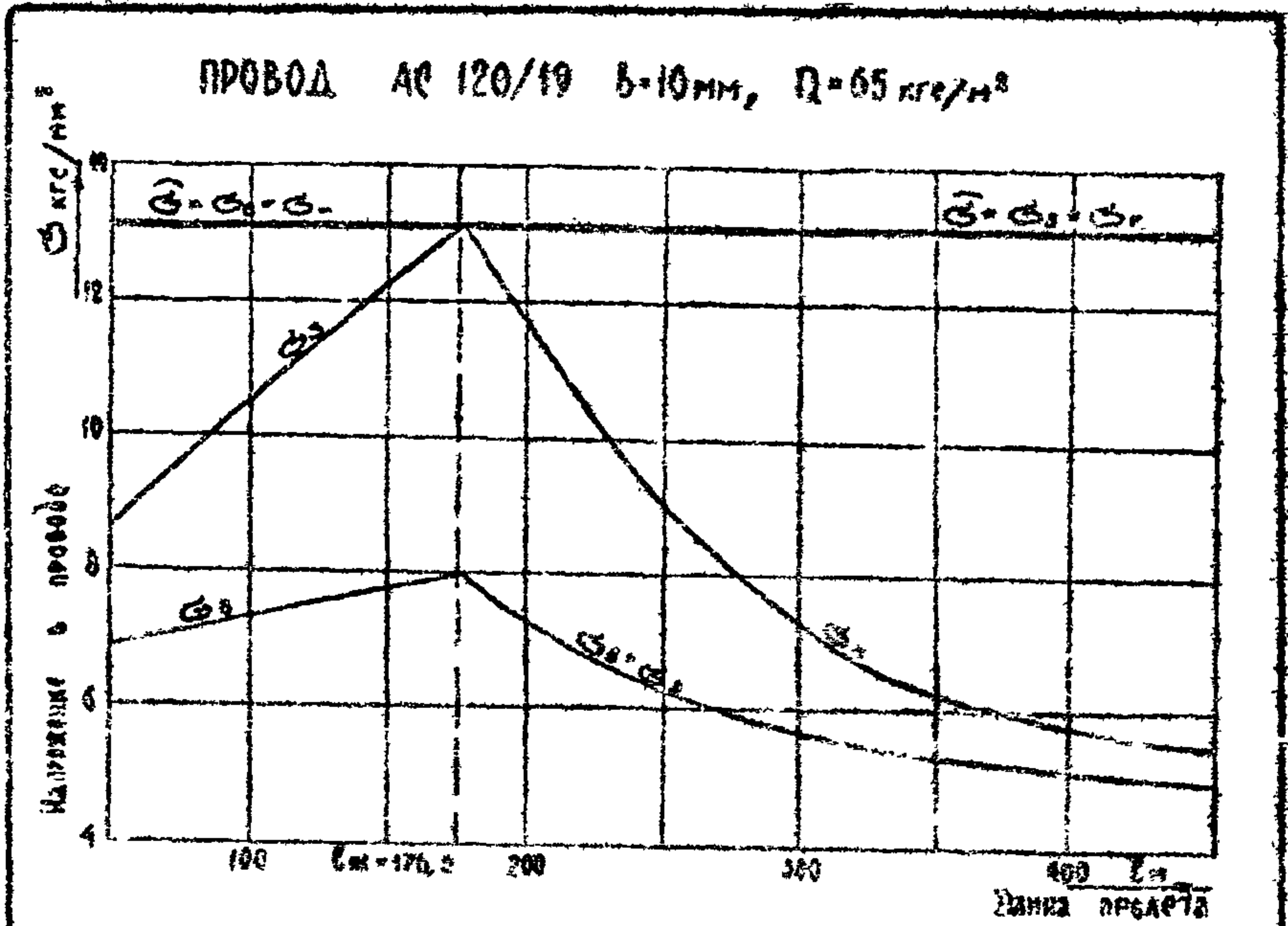


Рис 1 Примеры выбора режима наибольших напряжений для вычисления монтажных напряжений по уравнению (1)



Таблица I

Расчетные параметры, принимаемые для алюминевых, сталеалюминевых проводов и стальных тросов по ГОСТ 639-74, 3062-69 и 3063-66

Марки проводов и тросов	Модуль упругости $E$ , кгс/мм <sup>2</sup>	Модуль начального растяжения $E_p$ , кгс/мм <sup>2</sup>	Модуль предельного растяжения $E_{pr}$ , кгс/мм <sup>2</sup>	Коэффициент температурного линейного расширения $\alpha$ , 1/град	Коэффициент $\Delta$ (при $K_p=0,3$ )
A 16+35	$6,3 \cdot 10^3$	$5,4 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$	$23 \cdot 10^{-6}$	0,819
A 50+80	$6,3 \cdot 10^3$	$5,4 \cdot 10^3$	$3,6 \cdot 10^3$	$23 \cdot 10^{-6}$	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; 120/19	$8,25 \cdot 10^3$	$7,3 \cdot 10^3$	$6,1 \cdot 10^3$	$19,2 \cdot 10^{-6}$	0,885
AC 35/6,2; 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;	$8,9 \cdot 10^3$	$7,9 \cdot 10^3$	$6,8 \cdot 10^3$	$18,3 \cdot 10^{-6}$	0,903
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 <sup>2</sup>	Модуль начального растяжения $F$ , кгс/мм <sup>2</sup>	Модуль предельного растяжения $D$ , кгс/мм <sup>2</sup>	Коэффициент температурного линейного расширения $\alpha$ , 1/град	Коэффициент $\Delta$ (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	$11,4 \cdot 10^3$	$10,9 \cdot 10^3$	$9,8 \cdot 10^3$	$15,5 \cdot 10^{-6}$	0,329
АС 70/72	$13,35 \cdot 10^3$	$12,3 \cdot 10^3$	$11,7 \cdot 10^3$	$14,5 \cdot 10^{-6}$	0,966°
АС 95/141	$14,6 \cdot 10^3$	$13,6 \cdot 10^3$	$13 \cdot 10^3$	$13,9 \cdot 10^{-6}$	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 сталеалюминиевых проводов, изготовленных из алюминиевых проволок марки АТ.

2. Для сталеалюминиевых 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 соответствующих обстоятельствах определять коэффициент уменьшения стрел проводов  $K_f$  по формуле:

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

или равноценной

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

где  $f$  и  $\sigma$  - стрела провода и напряжение в установленном режиме.

Коэффициент  $K_f$  следует рассчитывать для двух температур монтажно-напряженной и наименьшей.

10. Если по истечению короткого промежутка времени после окончания монтажа провода по напряжениям или стрелам проводов в учете остаточных деформаций наступит одно из сочетаний минимальных условий, соответствующее режиму допустимого по ПУЭ напряжения (наибольшей нагрузки, наименьшей температуре, среднегодовой температуре), 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 монтажно, равной  $30^{\circ}\text{C}$ , так как при этом напряжение перегрузки близко к максимально возможному значению. Для расчета используется уравнение:

$$\sigma_n - \frac{\gamma_n^2 l^2 F}{24 \sigma_n^2} = \sigma_m - \frac{\gamma_m^2 l^2 F}{24 \sigma_m^2} = \alpha F (t_n - t_m), \quad (5)$$

Изм. № 2471 тп-11-12

где  $\sigma_n$  - напряжение перегрузки, кгс/мм<sup>2</sup>;  
 $\delta_n$  - удельная нагрузка, соответствующая режиму перегрузки, кгс/мм<sup>2</sup>;  
 $t_n$  - температура в режиме перегрузки, °C.

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

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

$\sigma_{ng}$  - при наибольшей нагрузке ( $\delta_n = \delta_g, t_n = t_g$ ),  
 $\sigma_{n-}$  - при наименьшей температуре ( $\delta_n = \delta_-, t_n = t_-$ ),  
 $\sigma_{nз}$  - при среднегодовой температуре ( $\delta_n = \delta_0, t_n = t_0$ ).

11. Рассчитываются коэффициенты перегрузки провода по формулам:

$$\left. \begin{aligned} K_{ng} &= \frac{\sigma_{ng}}{\sigma_g}, \\ K_{n-} &= \frac{\sigma_{n-}}{\sigma_-}, \\ K_{nз} &= \frac{\sigma_{nз}}{\sigma_0}, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

в которых

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

$\sigma_g, \sigma_-, \sigma_0$  - допускаемые ПЭД напряжения в соответствующих режимах, кгс/мм<sup>2</sup>.

Инв. № 3471тм-тI-13

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 не превышение указанных величин коэффициентов перегрузки.

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

$$\sigma_{м(т)} - \frac{\gamma_n^2 l^2 F}{24 \sigma_{п.доп.}^2} = \sigma_{п.доп.} - \frac{\gamma_n^2 l^2 F}{24 \sigma_{п.доп.}^2} - \alpha F (t_{м(т)} - t_n) \quad (7)$$

где  $\sigma_{м(т)}$  — сниженное монтажное напряжение при температуре воздуха  $30^{\circ}\text{C}$ ,

$\sigma_{п.доп.}$  — допускаемое напряжение при перегрузке, равно  $1,25 \sigma_r$ ,  $1,25 \sigma_{-}$  и  $1,15 \sigma_{-}$  соответственно в режимах наибольшей нагрузки, наименьшей температуры и среднегодовой температуры,

$\gamma_n$  — удельная нагрузка провода в режиме перегрузки,

$t_n$  — температура воздуха в режиме перегрузки.

В уравнении (7) следует принимать  $\sigma_{п.доп.}$ ,  $\gamma_n$  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  $\sigma_n$  в том режиме, в котором при температуре монтажа  $+30^{\circ}\text{C}$  относительное превышение коэффициента перегрузки над допускаемым было наибольшим.

Напряжения перегрузки в этом случае во всех трех возможных режимах перегрузки для всех температур монтажа определяются 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

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

После определения напряжения  $\sigma_n$ , 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  $\sigma_n$ , в которых в качестве  $\sigma_n$  принимается допустимая величина напряжения перегрузки.

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

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

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

$\sigma_{н.сн.(30)}$ ,  $t_{н.сн.(30)}$  — напряжения и температура из уравнения (7).

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

Инв. № 3471тн-т1-15

16. Настоящие РУ распространяются также на прозода, 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 провеса при монтаже и коэффициенты перегрузки.

Исходные данные: провол АС 300/39, толщина стенки проволоки  $\delta = 6$  мм, максимальный скоростной напор ветра  $Q = 50$  кгс/м<sup>2</sup>. Длина пролета 256 м. Удельные нагрузки:  $\delta_1 = 3,34 \cdot 10^{-8}$  кгс/м.мм<sup>2</sup>;  $\delta_2 = 4,79 \cdot 10^{-8}$  кгс/м.мм<sup>2</sup>. Температуры: наименьшая  $t_- = -40^\circ\text{C}$ , при наибольшей нагрузке  $t_r = -5^\circ\text{C}$ , среднегодовая  $t_y = 0$ , при монтаже  $t_m = 30, 0$  и  $-30^\circ\text{C}$ . Допускаемые напряжения принимаются согласно решению Э-12/75:  $\sigma_r = 12,15$  кгс/мм<sup>2</sup>,  $\sigma_- = 12,15$  кгс/мм<sup>2</sup>,  $\sigma_y = 8,1$  кгс/мм<sup>2</sup>.

Модуль и коэффициенты по табл.1 РУ:  $E = 7,7 \cdot 10^3$  кгс/мм<sup>2</sup>,  $F = 6,9 \cdot 10^3$  кгс/мм<sup>2</sup>,  $D = 5,3 \cdot 10^3$  кгс/мм<sup>2</sup>,  $\alpha = 19,8 \cdot 10^{-6}$  1/°C.

### Решение

1. Устанавливаем параметры режима наибольшего напряжения. Из систематического расчета провол АС 300/39 в I районном районе с максимальным скоростным напором ветра  $Q = 50$  кгс/мм<sup>2</sup> для  $l = 256$  м следует:  $\bar{\sigma} = \sigma_- = 12,15$  кгс/мм<sup>2</sup>,  $\bar{\delta} = \delta_1 = 3,34 \cdot 10^{-8}$  кгс/м.мм<sup>2</sup>,  $\bar{t} = t_- = -40^\circ\text{C}$ .

2. Вычисляем монтажные напряжения по (1), стрелы провеса по (3). Предварительно находим коэффициент  $\Delta$  по (2):

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

При температуре  $t_m = 30^\circ$

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

Ивв. №34? Iтм-тI-16

$$\sigma_m = 7,69 \text{ кгс/мм}^2,$$

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

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 обычному 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. № 347Изм-тI-17

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

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

$$f_{(-30)} = 2,49 \text{ м.}$$

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

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

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

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

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

б) в режиме наименьшей температуры:

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

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

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

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

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

что меньше допускаемого 1,25;

в) в режиме среднегодовой температуры

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

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

Изм. № 3471тм-тI-16

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

$\sigma_{пз} > \sigma_p$ . Коэффициент перегрузки равен

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

что превышает допускаемый 1,15.

Таким образом, согласно п.12 РУ требуется изменить монтажные напряжения и соответствующая корректировка стрел провеса из-за перегрузки сверх допускаемой в режиме среднегодовой температуры.

7. Вычисляем сниженное монтажное напряжение при температуре

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

$$\sigma_{м.ст(30)} = \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6,9 \cdot 10^3}{24 \cdot \sigma_{м.ст(0)}^2} = 9,32 - \frac{3,34^2 \cdot 10^{-6} \cdot 256^2 \cdot 6,9 \cdot 10^3}{24 \cdot 9,32^2}$$

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

$$\sigma_{м.ст(30)} = 7,04 \text{ кгс/мм}^2.$$

Стрела провеса при  $t_m = 30^\circ$  равна

$$f_{м(30)} = \frac{3,34 \cdot 10^{-3} \cdot 256^2}{6,7 \cdot 9,32} = 3,89 \text{ м.}$$

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

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

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

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

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

Определяем сниженное монтажное напряжение по (5), принимая

$$\sigma_{п.пол} = 1,15 \cdot 8,1 = 9,32 \text{ кгс/мм}^2:$$

Мин. № 347/тм-т1-19

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

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

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

Повторяем расчеты для температуры монтажа  $-30^\circ\text{C}$ .

Напряжения перегрузки по уравнению (8):

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

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

Снизим монтажное напряжение, используя уравнение (8):

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

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

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

Результаты расчетов оведем в монтажную таблицу:

Ивв. № 3471тн-тI-20

Монтажная таблица напряжений и стрел провеса

Анхеро- завные участки	Пролеты, м	С учетом остаточных удлинений при темпе- ратуре монтажа, град			По систематическому расче- ту провода при температуре град		
		30	0	-30	30	0	-30

Напряжения, кгс

256	7,04	9,32	12,65	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  $K_{29} = 1,264$  (произведено сни-  
жение коэффициента перегрузки до 1,15).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Изм. № 3471тн-11-(21)

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

$$f_{n(50)} = \frac{3,34 \cdot 10^{-8} \cdot 256^2}{8 \cdot 12,00} = 2,28 \text{ м.}$$

Результаты расчетов сведены в монтажную таблицу:

Монтажная таблица направлена в строй провеса

Анкеры ванны учетка	Пролеты и	С учетом остаточных удлинений при темпе- ратуре монтажа, град			По систематическому расчету провода при температуре, град		
		30	0	-30	30	0	-30
Напряжения, кгс							
256		7,04	9,19	12,0	6,13	8,07	10,98
Стрелы провеса, м							
256		3,69	2,98	2,28	4,46	3,39	2,49

Примечание: Коэффициенты уменьшения <sup>стрелы</sup> провеса, равны 0,798+0,829.  
 Наибольший коэффициент перегрузки  $K_{до} = 1,264$  (проведено снижение  
 коэффициента перегрузки до 1,15).