МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ПРОВОДОВ И ТРОСОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ПРОВОДОВ И ТРОСОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1965 ЛЕНИНГРАД

Составлено Бюро технической информации ОРГРЭС

Авторы: инж. **Р. А. Голубцов** и канд. техн. наук **А. Н. Карсаулидзе**
Редактор: инж. **С. М. Гринев**

УДК 621.315.14 001.24 (083.96)
621.315.17.001.24 (083.96)

УТВЕРЖДАЮ:

Зам. начальника Технического управления по эксплуатации энергосистем
Главный специалист-электрик

П. Устинов

11 августа 1964 г.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие Руководящие указания (РУ) предназначаются для механического расчета проводов и грозозащитных тросов воздушных линий электропередачи (ВЛ) при работе их в нормальном и аварийном режимах и составлены в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (гл. II-5 ПУЭ-64) и «Строительными нормами и правилами» (СНиП II-И.9-62 и СНиП II-А.11-62).

Нормальным режимом работы ВЛ называется режим при необорванных проводах и тросах.

Аварийным режимом работы ВЛ называется режим при оборванных (полностью или частично) проводах или тросах.

Механический расчет проводов и тросов в нормальных режимах работы ВЛ производится из условий обеспечения в них необходимого запаса прочности при различных сочетаниях атмосферных условий.

Механический расчет проводов и тросов в аварийных режимах работы ВЛ производится с целью установления величины тяжения и стрел провеса провода в пролетах, смежных с аварийным.

Помимо этого, механический расчет проводов и тросов позволяет установить величины нормативных нагрузок на провода и тросы, воспринимаемых опорами и фундаментами ВЛ.

Различаются следующие виды нормативных нагрузок на провода и тросы: а) от собственного веса проводов и тросов; б) от веса гололеда на проводах и тросах и в) от давления ветра на провода и тросы.

Расчет проводов и тросов ВЛ производится по методу допускаемых напряжений. При этом в основу расчета следует брать нормативные нагрузки.

Нагрузки от веса изоляции и арматуры на работу проводов и тросов, как правило, при расчете не учитываются.

При расчете проводов и тросов различают погонные и приведенные (удельные) нагрузки. Первые представляют собой нагрузки, отнесенные к 1 *пог. м* провода или троса и имеют размерность *кГ/м*, а вторые — к 1 *пог. м* и 1 *мм*^{2} площади поперечного сечения провода или троса и имеют размерность *кГ/м* · *мм*^{2}.

Выбор расчетных климатических условий для определения нормативных нагрузок на провода и тросы от веса гололеда и давления ветра должен производиться в соответствии с картами климатического районирования территории СССР по гололеду и скоростным напорам ветра, уточненными на основании данных, полученных в результате обработки материалов многолетних на-

блюдений над скоростью ветра, интенсивностью и удельным весом гололедно-изморозевых отложений и температурой воздуха в зоне трассы сооружаемой ВЛ

Настоящие РУ составлены в предположении, что провода и тросы подвешены на одинаковых высотных отметках, и не распространяются на особые случаи расчета проводов и тросов (открытые распределительные устройства, большие переходы, участки трассы ВЛ с сильно пересеченным профилем и т п)

Несмотря на то, что основные формулы расчета остаются в силе и для всех приведенных выше особых случаев, специфика, присущая каждому из них, не позволяет включить их в объем настоящих РУ.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ ПРОВОДОВ В НОРМАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

ИСХОДНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ УСЛОВИЯ И ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ПРОВОДАХ

1 Расчет проводов на прочность должен производиться для следующих условий а) при наибольшей внешней нагрузке; б) при низшей температуре и отсутствии внешних нагрузок; в) при среднегодовой температуре и отсутствии внешних нагрузок Соответствующие этим условиям допускаемые напряжения $\sigma_г$, σ_- и $\sigma_э$.

Допускаемые напряжения в процентах временного сопротивления провода для этих условий приведены в табл. 1

Различие в допускаемых напряжениях для сталеалюминиевых проводов в режимах наибольшей нагрузки и низшей температуры

Таблица 1

Допускаемые напряжения в проводах и тросах

Наименование провода и троса	Допускаемое напряжение в процентах временного сопротивления провода и троса		
	при наибольшей внешней нагрузке	при низшей температуре	при среднегодовой температуре
Алюминиевые провода	50*	50*	30
Стальные провода:			
ПСО	40	40	35
ПС	50	50	35
Сталеалюминиевые провода:			
АС, АСО и АСУ	42**	37	25
Стальные тросы	50	50	35

* Для ВЛ с проводами сечением до 95 *мм*² в населенной местности и в местах пересечений с различными сооружениями допускаемое напряжение следует принимать равным 40% временного сопротивления провода.

** Для ВЛ со сталеалюминиевыми проводами марки АСУ при толщине стенки гололеда более 20 *мм* допускается повышение напряжения до 60% временного сопротивления провода.

вызвано значительными температурными напряжениями, возникающими в алюминиевой части провода при низшей температуре.

Приведенные в табл. 1 значения допускаемых напряжений в проводах не всегда являются оптимальными. В отдельных случаях, например на ВЛ напряжением 0,4—10 *кв*, может оказаться экономически более целесообразным принимать значения напряжений ниже приведенных в табл 1.

2. Определение величин напряжения в проводе и стрел провеса при изменениях атмосферных условий для различных длин пролетов выполняется с помощью уравнения состояния провода, имеющего следующий вид:

$$\sigma - \frac{\gamma^2 l^2 E}{24\sigma^2} = \sigma_0 - \frac{\gamma_0^2 l^2 E}{24\sigma_0^2} - \alpha E (t - t_0), \qquad (1)$$

где σ_0 и σ — напряжение в низшей точке провода в начальном и искомом состояниях, *кГ/мм²*;

l — длина пролета, *м*;

γ_0 и γ — соответствующая приведенная нагрузка, *кГ/м·мм²*;

E — модуль упругости, *кГ/мм²*;

t_0 и t — соответствующая температура, °С;

α — температурный коэффициент линейного расширения провода, $1/град$.

3. Физико-механические характеристики проводов и тросов и усредненные значения их расчетных параметров приведены в табл. 2. Введение усредненных значений параметров намного облегчает расчет и вместе с тем незначительно влияет на точность результатов.

Таблица 2

Физико-механические характеристики прозодов и тросов

Наименование провода и троса	Приведенная нагрузка от собственного веса γ_1, *кГ/м·мм²*	Модуль упругости E, *кГ/мм²*	Температурный коэффициент линейного расширения α, $град^{-1}$	Временное сопротивление провода или троса в целом разрыву $\sigma_{вр}$, *кГ/мм²*
Алюминиевые провода	$2{,}75 \cdot 10^{-3}$	$6{,}3 \cdot 10^3$	$23 \cdot 10^{-6}$	15 или 16*
Стальные провода:				
ПСО	$7{,}85 \cdot 10^{-3}$	$20 \cdot 10^3$	$12 \cdot 10^{-6}$	55
ПС	$8{,}0 \cdot 10^{-3}$	$20 \cdot 10^3$	$12 \cdot 10^{-6}$	65 или 70**
Сталеалюминиевые провода:				
АС-16—АС-95 . .	$3{,}47 \cdot 10^{-3}$	$8{,}25 \cdot 10^3$	$19{,}2 \cdot 10^{-6}$	25
АС-120—АС-400	$3{,}56 \cdot 10^{-3}$	$8{,}45 \cdot 10^3$	$18{,}9 \cdot 10^{-6}$	29
АСО-150—АСО-700	$3{,}39 \cdot 10^{-3}$	$7{,}85 \cdot 10^3$	$19{,}8 \cdot 10^{-6}$	27
АСУ-120—АСУ-400	$3{,}73 \cdot 10^{-3}$	$8{,}9 \cdot 10^3$	$18{,}3 \cdot 10^{-6}$	31
Тросы (канаты)	$8{,}0 \cdot 10^{-3}$	$20 \cdot 10^3$	$12 \cdot 10^{-6}$	120***

* 15 *кГ/мм²* при диаметре проволок более 2,5 *мм* и 16 *кГ/мм²* при диаметре проволок 2,5 *мм* и менее.

** 65 *кГ/мм²* при диаметре проволок более 1,8 *мм* и 70 *кГ/мм²* при диаметре проволок 1,8 *мм* и менее.

*** Уточняется по соответствующим ГОСТ.

Подробные данные о конструкции алюминиевых, сталеалюминиевых и стальных проводов, а также стальных тросов (канатов) приведены в приложении I.

В соответствии с рекомендациями гл. II-5 ПУЭ-64 сталеалюминиевые провода даются в сокращенной номенклатуре. Медные, бронзовые, сталебронзовые и биметаллические сталемедные провода настоящими РУ не рассматриваются.

Приведенные в табл. 2 временные сопротивления сталеалюминиевых проводов приняты для отдельных групп марок проводов (АС-16—АС-95, АС-120—АС-400, АСО-150—АСО-700, АСУ-120—АСУ-400).

4. Численные значения допускаемых напряжений по проводу, а также численные значения напряжений в алюминиевой части сталеалюминиевых проводов для принятых исходных условий ($\sigma_{г(а)}$, $\sigma_{-(а)}$ и $\sigma_{э(а)}$), подсчитанные с учетом температурных напряжений, для сравнения с ранее принимаемыми аналогичными величинами (в качестве расчетных приняты температура при наибольшей нагрузке $t_г = -5°$ С, низшая температура $t_- = -40°$ С и среднегодовая температура $t_э = 0°$ С) приведены в табл. 3.

Таблица 3

Допускаемые напряжения по проводу в целом и значения напряжений в алюминиевой части сталеалюминиевого провода, *кГ/мм²*

Марка провода	Допускаемые напряжения по проводу в целом, *кГ/мм²*			Напряжение в алюминиевой части сталеалюминиевого провода, *кГ/мм²*		
	$\sigma_г$	σ_-	$\sigma_э$	$\sigma_{г(а)}$	$\sigma_{-(а)}$	$\sigma_{э(а)}$
АС-16—АС-95	10,5	9,25	6,25	8,49	8,38	5,13
АС-120—АС-185	12,2	10,7	7,25	9,61	9,39	5,79
АСО-240—АСО-700	11,3	10,0	6,75	9,5	9,14	5,72
АСУ-120—АСУ-400	13,0	11,5	7,75	9,79	9,78	5,88
А-25—А-35*	8,0	8,0	4,8	—	—	—
А-50—А-185*	7,5	7,5	4,5	—	—	—
ПС-25—ПС-70	32,5	32,5	22,75	—	—	—
ПС-95	35,0	35,0	24,5	—	—	—

* В населенной местности и в местах пересечений для А-25—А-35 $\sigma_г = \sigma_- = 6{,}4$ *кГ/мм²*, а для А-50—А-95 $\sigma_г = \sigma_- = 6$ *кГ/мм²*.

ПОГОННЫЕ И ПРИВЕДЕННЫЕ НАГРУЗКИ НА ПРОВОДА И ТРОСЫ, РАСЧЕТНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

5. Погонная нагрузка на провода и тросы ВЛ от собственного веса p_1 в общем случае определяется по ГОСТ или техническим условиям.

Приведенная нагрузка на провода и тросы от собственного веса определяется по формуле

$$\gamma_1 = \frac{p_1}{S}, \qquad (2)$$

где S — суммарная площадь поперечного сечения всех проволок провода или троса.

В целях упрощения расчетов обычно пользуются значениями, усредненными для отдельных марок проводов (см. табл. 2) В этом случае погонная нагрузка от собственного веса проводов определяется следующим образом:

$$p_1 = \gamma_1 S.$$

Нормативные нагрузки от собственного веса проводов и тросов, воспринимаемые опорами и фундаментами, определяются по формуле

$$G_1^{\text{н}} = p_1 l_{\text{вес}}, \qquad (3)$$

где $l_{\text{вес}}$ — весовой пролет (длина участка ВЛ, вес проводов или тросов на котором численно равен вертикальным нагрузкам, воспринимаемым опорой от проводов и тросов).

6. Погонная нагрузка проводов и тросов ВЛ от веса гололеда p_2 вычисляется, исходя из цилиндрической формы гололедных отложений с удельным весом 0,9 *г/см*^{3} и толщиной стенки гололеда С, наблюдаемой с повторяемостью 1 раз в 15 лет для ВЛ напряжением 500 *кв*, 1 раз в 10 лет для ВЛ напряжением от 110 до 330 *кв*, и 1 раз в 5 лет для ВЛ напряжением 35 *кв* и ниже.

Толщина стенки гололеда округляется до значения, кратного 5 *мм*. При толщине стенки гололеда более 22 *мм* округление производится до целого числа миллиметров.

Для ВЛ напряжением 500 *кв* толщина стенки гололеда должна приниматься не менее 10 *мм*, а для ВЛ напряжением 330 *кв* и ниже — не менее 5 *мм*.

Нормативные толщины стенки гололеда, определяемые в соответствии с картой районирования территории СССР по гололеду (см приложение III) и условно приведенные к высоте 10 *м* над поверхностью земли, для повторяемостей 1 раз в 5 лет и 1 раз в 10 лет должны быть не менее величин, указанных в табл. 4.

Таблица 4

Нормативные толщины стенки гололеда для высоты 10 *м* над поверхностью земли

Районы СССР по гололеду	Нормативные толщины стенки гололеда, *мм*, с повторяемостью	
	1 раз в 5 лет	1 раз в 10 лет
I	5	5
II	5	10
III	10	15
IV	15	20
Особый	20 и более	Более 22

Для больших переходов, участков ВЛ, проходящих по плотинам гидроэлектростанций и вблизи прудов-охладителей, и т п при отсутствии данных наблюдений толщину стенки гололеда следует принимать на 5 *мм* больше, чем для всей линии.

Нормативная толщина стенки гололеда с повторяемостью 1 раз в 15 лет должна определяться на основании обработки данных многолетних фактических наблюдений Этот прием должен быть применен и при определении толщины стенки гололеда в особо гололедных районах.

Приведенная нагрузка проводов и тросов от веса гололеда определяется по формуле

$$\gamma_2 = \frac{p_2}{S}. \qquad (4)$$

Нормативные нагрузки от веса гололеда на проводах и тросах, воспринимаемые опорами и фундаментами, определяются по формуле

$$G_2^{\text{н}} = p_2 l_{\text{вес}}. \qquad (5)$$

7. Погонная нагрузка проводов и тросов ВЛ от действия ветра для каждого расчетного режима определяется по формуле

$$p_w = \alpha C_x d q \sin\varphi \cdot 10^{-3}, \qquad (6)$$

где q — скоростной напор, определяемый для каждого режима в соответствии с указаниями пп. 9—14*;

α — коэффициент неравномерности скоростного напора по пролету, принимаемый согласно табл. 5;

C_x — коэффициент лобового сопротивления, принимаемый: 1,1 — для проводов и тросов диаметром 20 *мм* и более, свободных от гололеда; 1,2 — для проводов и тросов диаметром менее 20 *мм*, свободных от гололеда, и для всех проводов и тросов, покрытых гололедом;

φ — угол между направлением ветра и проводами ВЛ;

d — наружный диаметр провода (с учетом в гололедных режимах толщины стенки гололеда).

8. Величины наибольших нормативных скоростных напоров ветра принимаются с повторяемостью 1 раз в 15 лет для ВЛ напряжением 500 *кв*, 1 раз в 10 лет для ВЛ напряжением от 110 до 330 *кв* и 1 раз в 5 лет для ВЛ напряжением 35 *кв* и ниже.

9. При определении нормативного скоростного напора устанавливаются зоны по высоте, в пределах которых нормативный скоростной напор принимается неизменным.

В первой зоне — до 15 *м* от поверхности земли — нормативный скоростной напор принимается равным скоростному напору, наблюдаемому на высоте 10 *м* от земли

Величины нормативных скоростных напоров на высоте 10 *м* от земли должны определяться в соответствии с картой районирования территории СССР по скоростным напорам (см. приложение II) и должны быть не менее величин, приведенных в табл 6.

---

* Иногда скоростной напор ветра обозначается через Q (см. ПУЭ-64).

Таблица 5

Значения коэффициента неравномерности α в зависимости от величины скоростного напора ветра

Скоростной напор ветра, *кГ/м²*	α[1]	Скоростной напор ветра, *кГ/м²*	α[1]
27 и менее	1,0	70	0,713
35	0,91	80	0,7
40	0,85	85	»
45	0,817	100	»
50	0,783	105	»
55	0,75	115	»
65	0,725	125	»

[1] Промежуточные значения α определяются линейной интерполяцией.

Таблица 6

Нормативные скоростные напоры ветра $q_н$ на высоте 10 *м* от поверхности земли

Районы СССР по ветру	Скоростной напор ветра, *кГ/м²*, с повторяемостью		
	1 раз в 5 лет	1 раз в 10 лет	1 раз в 15 лет
I	27 (21)*	40 (25)	55 (30)
II	35 (24)	40 (25)	55 (30)
III	45 (27)	50 (29)	55 (30)
IV	55 (30)	65 (32)	70 (33)
V	70 (33)	80 (36)	85 (37)
VI	85 (37)	100 (40)	105 (41)
VII	100 (40)	115 (43)	125 (45)

* Цифры в скобках — соответствующие округленные значения скоростей ветра, *м/сек*.

Скоростные напоры в других зонах определяются путем умножения нормативного скоростного напора для первой зоны на коэффициенты, приведенные в табл. 7.

Таблица 7

Коэффициент увеличения скоростного напора ветра по высоте

Зоны по высоте, *м*	Значение коэффициента	Зоны по высоте, *м*	Значение коэффициента
До 15	1	45—55	1,87
15—25	1,35	55—65	1,94
25—35	1,57	65—75	2,0
35—45	1,80	75—100	2,1

10. Скоростной напор ветра на провода определяется по высоте расположения приведенного центра тяжести всех проводов.

Высота расположения приведенного центра тяжести проводов $h_{пр}$ определяется по формуле

$$h_{пр} = h_{ср} - \frac{2}{3} f, \tag{7}$$

где f — наибольшая стрела провеса проводов, *м*;

$h_{ср}$ — средняя высота крепления проводов к изоляторам на опоре, *м*.

Скоростной напор ветра на тросы определяется по высоте расположения центра тяжести тросов.

Скоростной напор ветра на провода и тросы следует определять по первой зоне, если $h_{пр} \leqslant 15$ *м* (для большинства применяемых опор это условие, как правило, соблюдается).

При высоте более 15 *м* скоростной напор определяется по зонам в соответствии с табл. 7.

Для ВЛ напряжением 20 *кв* и ниже при высоте крепления проводов над землей менее 12 *м* приведенные в табл. 6 величины скоростных напоров ветра могут быть снижены на 15%.

На специальных переходах через реки, водохранилища, ущелья и пр. высота расположения приведенного центра тяжести проводов или тросов определяется по формуле

$$h_{пр} = \frac{h_{ср1} + h_{ср2}}{2} - \frac{2}{3} f, \tag{8}$$

где $h_{ср1}$ и $h_{ср2}$ — высота крепления тросов или средняя высота крепления проводов к изоляторам на опорах, *м*.

Для перехода, состоящего из нескольких пролетов, скоростной напор ветра при расчете проводов и тросов принимается одинаковым для всех пролетов перехода. При этом высота приведенного центра тяжести, определяющая зону, по которой находится скоростной напор, вычисляется по формуле

$$h_{пр} = \frac{h_{пр1} l_1 + h_{пр2} l_2 + \ldots + h_{пр\,n} l_n}{l_1 + l_2 + \ldots + l_n}, \tag{8а}$$

где l_1, l_2 и т. д. — длины пролетов, входящих в переход, *м*;

$h_{пр1}$, $h_{пр2}$ и т. д. — высоты приведенных центров тяжести проводов или тросов над меженью реки, нормальным горизонтом водохранилища или низом ущелья в каждом из пролетов, *м*.

11. Скоростной напор при сочетаниях ветра и гололеда принимается равным 0,25 его наибольшего нормативного значения, определенного в соответствии с пп. 8 и 9.

При этом в районах с нормативной толщиной стенки гололеда 15 *мм* и более величина скоростного напора при гололеде должна приниматься не менее 14 $кГ/м^2$.

Примечание. В отдельных районах СССР, где отмечены или можно ожидать повышенных скоростей ветра при гололеде или где характерны сочетания значительных скоростей ветра с больши-

ми размерами гололедных отложений с объемным весом менее 0,9 *г/см*^{3}, нормативные значения скоростного напора и толщины стенки гололеда должны быть увеличены в соответствии с данными о фактически наблюдаемых размерах гололеда и скорости ветра при гололеде.

12. При определении нормативных значений скоростных напоров ветра следует дополнительно руководствоваться следующим:

а) Для участков ВЛ, сооружаемых в застроенной местности, если средняя высота окружающих зданий составляет не менее $^2/_3$ высоты опор, величина нормативного скоростного напора может быть уменьшена на 30%. Такое же уменьшение скоростного напора ветра допускается для ВЛ, трасса которых защищена от поперечных ветров (лесные массивы заповедников, горные долины и ущелья и т. п.).

На ВЛ напряжением 20 *кв* и ниже при учете указанного в данном пункте понижения скоростного напора ветра рекомендации, приведенные в п. 10 о дополнительном снижении скоростного напора ветра для этих ВЛ, не распространяются.

б) Для участков ВЛ, сооружаемых в условиях микрорельефа, способствующего резкому увеличению скоростей ветра (высокий берег реки резко выделяющаяся над окружающей местностью возвышенность, большие переходы, прибрежная полоса больших озер и водохранилищ в пределах 3—5 *км*), при отсутствии данных наблюдений нормативные величины наибольших скоростных напоров ветра должны увеличиваться на 40% по сравнению с величинами, соответствующими принятому ветровому району.

в) Для участков ВЛ в горных районах, в местах, резко выделяющихся над окружающим рельефом (вершины гор и хребтов, перевалы), а также при пересечении долин и ущелий, открытых для сильных ветров, наибольший нормативный скоростной напор ветра при отсутствии данных наблюдений следует принимать равным 76 *кГ/м*^{2}.

г) Нормативные скоростные напоры ветра, определенные в соответствии с картой и приведенными выше указаниями, должны корректироваться с учетом данных эксплуатации линий электропередачи, линий связи и других инженерных сооружений в районе трассы ВЛ, а также результатов полевого обследования трассы.

Величины нормативных скоростных напоров ветра (*кГ/м*^{2}) должны быть округлены до значения целого числа.

13 Приведенная нагрузка проводов и тросов ВЛ от действия ветра определяется по формуле

$$\gamma_w = \frac{p_w}{S}. \qquad (9)$$

Нормативные горизонтальные нагрузки Q от действия ветра на провода и тросы, воспринимаемые опорами и фундаментами, определяются по формуле

$$Q = p_w l_{\text{ветр}}, \qquad (10)$$

где $l_{\text{ветр}}$ — ветровой пролет — длина участка ВЛ, давление ветра на провода или тросы с которого воспринимается опорой.

14. Различаются две категории расчетных температур воздуха, принимаемые при расчете проводов и тросов: натуральные и услов-

ные. К первой категории относятся высшая температура t_+, низшая температура t_- и среднегодовая температура $t_в$. Температуры этой категории принимаются по данным многолетних фактических наблюдений в районе трассы проектируемой ВЛ.

Ко второй категории относятся температуры, условно принимаемые при работе ВЛ в нормальном и аварийном режимах при различных сочетаниях климатических условий, при проверках приближения токоведущих частей к элементам опор и сооружений и т. п.

Принятые условные температуры следует рассматривать в качестве наиболее вероятных величин, наблюдаемых при различных режимах работы ВЛ.

Выбор величин условных температур основывается на результатах длительного изучения опыта эксплуатации ВЛ всех напряжений как в СССР, так и за рубежом.

Величины расчетных температур округляются до значений, кратных 5, и принимаются для всех ВЛ одинаковыми независимо от их напряжения.

РАСЧЕТНЫЕ СОЧЕТАНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

15. При расчете ВЛ для работы в нормальном режиме следует принимать следующие сочетания климатических условий:

а) высшая температура t_+, ветер и гололед отсутствуют;

б) провода и тросы покрыты гололедом, температура минус 5° С, ветер отсутствует;

в) низшая температура t_-, ветер и гололед отсутствуют;

г) среднегодовая температура $t_в$, ветер и гололед отсутствуют;

д) нормативный скоростной напор ветра $q_н$, температура минус 5° С, гололед отсутствует *;

е) провода и тросы покрыты гололедом, температура минус 5° С, скоростной напор ветра 0,25 $q_н$ *.

16. При расчете приближения токоведущих частей к элементам опор и сооружений следует принимать следующие сочетания климатических условий:

а) при рабочем напряжении — нормативный скоростной напор ветра $q_н$, температура минус 5° С;

б) при атмосферных перенапряжениях — температура +15° С, скоростной напор ветра 6,25 $кГ/м^2$;

в) при внутренних перенапряжениях — температура $t_в$, скоростной напор ветра 0,27 $q_н$.

17. При расчете ВЛ должна производиться проверка их по условиям монтажа на следующие сочетания климатических условий: температура минус 15° С, скоростной напор ветра 6,25 $кГ/м^2$.

СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОВОДОВ И ТРОСОВ

18. Способ проведения механического расчета проводов в условиях нормальной работы ВЛ может быть весьма различен, но наиболее удобным способом как с точки зрения затрат рабочего време-

---

* При $t_в \leqslant -5°$ С температуру при гололеде и нормативном скоростном напоре ветра следует брать минус 10° С.

Таблица 8

Формулы для определения нормативных нагрузок на провода

Характер нагрузок	Формулы для подсчета	
	погонной нагрузки, *кГ/м*	приведенной нагрузки, *кГ/м·мм²*
1. От собственного веса провода	p_1 — вес 1 *пог. м* провода	$\gamma_1 = \frac{p_1}{S}$
2. От веса гололеда	$p_2 = 0{,}9\pi b\,(d+b)\cdot 10^{-3}$	$\gamma_2 = \frac{p_2}{S}$
3. От веса провода, покрытого гололедом	$p_3 = p_1 + p_2$	$\gamma_3 = \frac{p_3}{S}$
4. От давления ветра на провод, свободный от гололеда, скоростной напор $q_н$	$p_4 = \alpha C_x q_н d\cdot 10^{-3}$	$\gamma_4 = \frac{p_4}{S}$
4*a*. То же, но при скоростном напоре ветра 6,25 *кГ/м²*	$p_{4a} = C_x 6{,}25 d\cdot 10^{-3}$	$\gamma_{4a} = \frac{p_{4a}}{S}$
4*b*. То же, но при скоростном напоре ветра 0,27 $q_н$	$p_{4b} = C_x\, 0{,}27 q_н d\cdot 10^{-3}$	$\gamma_{4b} = \frac{p_{4b}}{S}$
5. От давления ветра на провод, покрытый гололедом, скоростной напор 0,25 $q_н$	$p_5 = 1{,}2\cdot 0{,}25 q_н \times \times (d+2b)\cdot 10^{-3}$	$\gamma_5 = \frac{p_5}{S}$
6. От веса провода и давления ветра на провод, свободный от гололеда	$p_6 = \sqrt{p_1^2 + p_4^2}$	$\gamma_6 = \frac{p_6}{S}$

Продолжение табл. 8

Характер нагрузок	Формулы для подсчета	
	погонной нагрузки, *кГ/м*	приведенной нагрузки, *кГ/м·мм²*
6*a* То же, но при скоростном напоре ветра 6,25 *кГ/м²*	$p_{6a} = \sqrt{p_1^2 + p_{4a}^2}$	$\gamma_{6a} = \frac{p_{6a}}{S}$
6*b* То же, но при скоростном напоре ветра 0,27 $q_н$	$p_{6b} = \sqrt{p_1^2 + p_{4b}^2}$	$\gamma_{6b} = \frac{p_{6b}}{S}$
7 От веса провода, покрытого гололедом, скоростной напор 0,25$q_н$	$p_7 = \sqrt{p_3^2 + p_5^2}$	$\gamma_7 = \frac{p_7}{S}$

Примечания: 1. В формулах диаметр провода или троса d и толщину стенки гололеда b следует брать в миллиметрах, а площадь поперечного сечения провода S — в квадратных миллиметрах (для сталеалюминиевых проводов берется суммарная площадь поперечного сечения стали и алюминия).

2 Для упрощения расчетов обычно пользуются усредненными значениями γ_1 для каждой марки проводов (табл. 2).

3. При скоростных напорах $q_н$=115 *кГ/м²* и $q_н$=125 *кГ/м²* в формулу для p_{4b} вводится коэффициент неравномерности, равный соответственно α=0,96 и α=0,92, а в формулу для p_5 — соответственно α=0,98 и α=0,96.

4. При толщине стенки гололеда 15 *мм* и более скоростной напор ветра должен приниматься не менее 14 *кГ/м²*.

5. Для ВЛ на штыревых изоляторах нагрузки 4*a*, 4*b*, 6*a* и 6*b* не вычисляются.

ни, так и с точки зрения полноты и наглядности представления получаемых результатов является проведение его в виде систематического расчета [1].

Расчетные режимы, входящие в объем систематического расчета проводов, определяются принятыми климатическими условиями.

Систематический расчет проводов дает возможность при установленных исходных данных и выбранных расчетных режимах работы ВЛ построить для этих режимов кривые зависимости напряжений и стрел провесов провода от длины пролета для всего диапазона пролетов, могущих быть на данной линии, что позволяет легко и быстро ориентироваться при решении различного рода задач, возникающих при проектировании ВЛ.

[1] При проведении массовых систематических расчетов проводов весьма целесообразно использовать счетно-решающие устройства.

19. Систематический расчет проводов состоит из следующих последовательных этапов одинаковых как для монометаллических, так и для биметаллических проводов:

а) определение нормативных нагрузок, действующих на провода;

б) определение значений критических пролетов;

в) определение напряжений в проводе при различных расчетных режимах;

г) определение стрел провеса провода;

д) составление сводных таблиц и кривых по результатам расчета.

20 Определение погонных и приведенных нагрузок, действующих на провода, производится по формулам табл. 8; при этом направление ветра принимается нормальным по отношению к оси ВЛ.

21 Нагрузки p_1, p_3, p_6, p_{6a}, p_{6b} и p_7 (и соответствующие им приведенные нагрузки) являются основными, так как они используются в уравнениях состояния для определения напряжений в проводе Нагрузки p_4, p_{4a}, p_{4b} и p_5 (и соответствующие им приведенные нагрузки) используются при определении расстояний приближения отклоненного провода ВЛ к телу опоры или иного инженерного сооружения.

При определении нагрузки от давления ветра на провода свободные от гололеда, для ускорения вычислений рекомендуется пользоваться табл. 9, в которой приведены численные значения выражения $\alpha C_x q_н$ для всех марок проводов.

Таблица 9

Значения $\alpha C_x q_н$ в зависимости от величины скоростного напора $q_н$

$q_н$, кГ/м²	$\alpha C_x q_н$, кГ/м², при		$q_н$, кГ/м²	$\alpha C_x q_н$, кГ/м², при	
	C_x=1,1	C_x=1,2		C_x=1,1	C_x=1,2
27	29,7	32,4	70	55,0	60,0
35	35,0	38,2	80	61,6	67,2
40	37,4	40,8	85	65,5	71,4
45	40,4	44,1	100	77,0	84,0
50	43,0	47,0	105	81,0	88,2
55	45,4	49,5	115	88,5	96,6
65	51,8	56,5	125	90,8	105,0

22. Как указывалось выше, расчет проводов должен производиться с ограничением напряжения в них для трех расчетных условий. Вопрос о том, которое из этих условий должно быть принято в качестве исходного, решается в зависимости от расчетных температур, нагрузок и величины заданных допускаемых напряжений.

Для решения этой задачи необходимо определить значения критических пролетов.

23. Напряжение в проводе для различных расчетных режимов определяется по уравнению состояния провода; оно приводится к виду

$$\sigma^2(\sigma + A) = B$$

и очень просто решается путем подбора при помощи счетной логарифмической линейки

Перечень расчетных режимов, входящих в объем систематического расчета провода, приведен в табл. 10.

Таблица 10

Расчетные режимы для систематического расчета проводов

Расчетные режимы	Условные сочетания климатических условий	№ соответствующих расчетных нагрузок
1	Провода и тросы покрыты гололедом, $t = -5°$ С, скоростной напор ветра $0{,}25q_н$	7
2	Провода и тросы покрыты гололедом, $t = -5°$ С, ветер отсутствует	3
3	Скоростной напор ветра $q_н$, $t = -5°$ С, гололед отсутствует	6
4	$t = -15°$ С, скоростной напор ветра 6,25 $кГ/м^2$, гололед отсутствует[1]	6*а*
5	$t = +15°$ С, ветер отсутствует[2]	1
6	$t_{мин}$, ветер и гололед отсутствуют	1
7	$t_{макс}$, ветер отсутствует	1
8	$t_э$, ветер и гололед отсутствуют	1
9	$t = +15°$ С, скоростной напор ветра 6,25 $кГ/м^2$*	6*а*
10	$t_э$, скоростной напор ветра $0{,}27q_н$, гололед отсутствует*	6*б*

[1] Для проверки по условиям монтажа, для ВЛ на штыревых изоляторах этот режим исключается.

[2] Для проверки при атмосферных перенапряжениях; для ВЛ на штыревых изоляторах и на ВЛ без защитных тросов этот режим также исключается.

* Только для проверки необходимых расстояний на угловых опорах промежуточного типа с подвесными гирляндами изоляторов для 9-го режима при атмосферных перенапряжениях и для 10-го режима при внутренних перенапряжениях.

24. Стрела провеса провода (троса) определяется по формуле

$$f = \frac{l^2\gamma}{8\sigma}, \tag{11}$$

где γ и σ — приведенная нагрузка и напряжение в проводе для рассматриваемого режима.

Стрелы провеса провода, определенные для ветровых режимов, называются косыми или наклонными; вертикальная и горизонтальная составляющие их $f_в$ и $f_г$ вычисляются по формулам:

$$f_в = f\cos\varphi; \tag{12}$$

$$f_г = f\sin\varphi, \tag{12а}$$

где φ — угол отклонения провода в пролете от вертикали под действием ветра.

Значения $\cos\varphi$ и $\sin\varphi$ определяются из соотношения соответствующих весовых и ветровых нагрузок по формулам, приведенным в табл. 11.

Таблица 11

Формулы для определения $\cos\varphi$ и $\sin\varphi$

Расчетный случай	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$
При рабочем напряжении	$\cos\varphi_7 = \frac{p_3}{p_7}$	$\sin\varphi_7 = \frac{p_5}{p_7}$
То же	$\cos\varphi_6 = \frac{p_1}{p_6}$	$\sin\varphi_6 = \frac{p_4}{p_6}$
При атмосферных перенапряжениях .	$\cos\varphi_{6a} = \frac{p_1}{p_{6a}}$	$\sin\varphi_{6a} = \frac{p_{4a}}{p_{6a}}$
При внутренних перенапряжениях .	$\cos\varphi_{6b} = \frac{p_1}{p_{6b}}$	$\sin\varphi_{6b} = \frac{p_{4b}}{p_{6b}}$

25. Результаты систематического расчета проводов сводятся в таблицы и графики кривых зависимости напряжений и стрел провеса провода от длины расчетных пролетов.

Величины наименьших и наибольших пролетов принимаются в зависимости от марки провода, района по гололеду и ветру, высоты опор и т. д.; промежуточные значения пролетов берутся через 30—50 и более метров при общем числе промежуточных точек 8—10; при этом в число промежуточных пролетов следует включать длины критических пролетов.

2. РАСЧЕТ ПРОВОДОВ В НОРМАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ

ОБЩИЕ ФОРМУЛЫ КРИТИЧЕСКИХ ПРОЛЕТОВ

26. В нормальных режимах работы ВЛ исходные режимы для расчета проводов характеризуются следующими расчетными параметрами:

а) режим наибольшей нагрузки (режим 1-й или 3-й по табл. 10): $\gamma_г$, $t_г$, $\sigma_г$;

б) режим низшей температуры при отсутствии внешних нагрузок (режим 6-й): γ_1, t_-, σ_-;

в) режим среднегодовой температуры при отсутствии внешних нагрузок (режим 8-й): γ_1, $t_э$, $\sigma_э$,

где $\gamma_г$ — приведенная наибольшая нагрузка от собственного веса и дополнительной нагрузки (γ_7 или γ_6), $кГ/м \cdot мм^2$;

$t_г$, t_-, $t_э$ — температура при наибольшей нагрузке, низшая температура и среднегодовая температура;

$\sigma_г$, σ_-, $\sigma_э$ — допускаемые напряжения провода (по проводу в целом) для соответствующих исходных режимов: наибольшей нагрузки, низшей и среднегодовой температур.

При расчете монометаллических проводов (алюминиевые, стальные) допускаемые напряжения для режима наибольших нагрузок и

режима низшей температуры одинаковы, т. е. $\sigma_г = \sigma_- = \sigma_{макс}$ (см табл. 3)

27. При расчете провода с ограничением напряжения в нем для трех исходных режимов в общем случае имеются три критических пролета но выбор расчетных условий, как будет показано далее, сводится к сравнению расчетного пролета с двумя или одним из этих критических пролетов.

Первый критический пролет $l_{1к}(l_{э-})$ представляет собой пролет такой длины, для которого напряжение провода в режиме среднегодовой температуры $\sigma_э$, а в режиме низшей температуры достигает значения σ_-.

Второй критический пролет $l_{2к}(l_{г-})$ характеризует такие условия, когда напряжение провода в режиме наибольшей нагрузки равно $\sigma_г$, а в режиме низшей температуры σ_-.

Третий критический пролет $l_{3к}(l_{г.э})$ — это такой пролет, когда напряжение провода в режиме наибольшей нагрузки $\sigma_г$, а в режиме среднегодовой температуры $\sigma_э$.

Общий вид формулы критического пролета может быть получен из уравнения состояния провода, если решить его по отношению к $l_к$:

$$l_к = \sqrt{\frac{24\left[\beta_0(\sigma_n - \sigma_m) + \alpha_0(t_n - t_m)\right]}{\left(\frac{\gamma_n}{\sigma_n}\right)^2 - \left(\frac{\gamma_m}{\sigma_m}\right)^2}}, \qquad (13)$$

где β_0 — коэффициент упругого удлинения всего провода $\left(\beta_0 = \frac{1}{E_0}\right)$.

Индексами n и m в формуле обозначены параметры, соответствующие состояниям провода, для которых вычисляется критический пролет.

Формула (13) может быть приведена к следующему виду:

$$l_к = \frac{2\sigma_n}{\gamma_m}\sqrt{\frac{6\left[\beta_0(\sigma_n - \sigma_m) + \alpha_0(t_n - t_m)\right]}{\left(\frac{\gamma_n}{\gamma_m}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_n}{\sigma_m}\right)^2}}. \qquad (13а)$$

28. Формулы для первого, второго и третьего критических пролетов можно получить подстановкой в формулу (13а) значений нагрузок, температур и допускаемых напряжений, характеризующих исходные режимы.

Для сталеалюминиевых проводов имеем:

$$l_{1к} = \frac{2\sigma_э}{\gamma_1}\sqrt{\frac{6\left[\beta_0(\sigma_э - \sigma_-) + \alpha_0(t_э - t_-)\right]}{1 - \left(\frac{\sigma_э}{\sigma_-}\right)^2}}; \qquad (14)$$

$$l_{2к} = \frac{2\sigma_г}{\gamma_1}\sqrt{\frac{6\left[\beta_0(\sigma_г - \sigma_-) + \alpha_0(t_г - t_-)\right]}{\left(\frac{\gamma_г}{\gamma_1}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_г}{\sigma_-}\right)^2}}; \qquad (15)$$

$$l_{3к} = \frac{2\sigma_г}{\gamma_1}\sqrt{\frac{6\left[\beta_0(\sigma_г - \sigma_э) + \alpha_0(t_г - t_э)\right]}{\left(\frac{\gamma_г}{\gamma_1}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_г}{\sigma_э}\right)^2}}. \qquad (16)$$

Для монометаллических проводов (алюминиевых, стальных) эти формулы упрощаются:

$$l_{1к} = \frac{2\sigma_э}{\gamma_1}\sqrt{\frac{6\left[\beta\left(\sigma_э - \sigma_{макс}\right) + \alpha\left(t_э - t_-\right)\right]}{1 - \left(\frac{\sigma_э}{\sigma_{макс}}\right)^2}}; \qquad (14а)$$

$$l_{2к} = \frac{2\sigma_{макс}}{\gamma_1}\sqrt{\frac{6\alpha\left(t_г - t_-\right)}{\left(\frac{\gamma_г}{\gamma_1}\right)^2 - 1}}; \qquad (15а)$$

$$l_{3к} = \frac{2\sigma_{макс}}{\gamma_1}\sqrt{\frac{6\left[\beta\left(\sigma_{макс} - \sigma_э\right) + \alpha\left(t_г - t_э\right)\right]}{\left(\frac{\gamma_г}{\gamma_1}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{макс}}{\sigma_э}\right)^2}}. \qquad (16а)$$

ВЗАИМНОЕ СООТНОШЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ КРИТИЧЕСКИХ ПРОЛЕТОВ

29. Физический смысл критических пролетов и взаимные соотношения их значений могут быть выявлены при рассмотрении зависимости напряжений в проводе от длины пролета для режима при среднегодовой температуре.

На рис 1 ординаты прямых $\sigma_г$, σ_- и $\sigma_э$ показывают допускаемые напряжения для соответствующих исходных режимов.

Кривые $\sigma_{э(-)}$ и $\sigma_{э(г)}$ представляют зависимости напряжения провода от длины пролета при среднегодовой температуре и отсутствии внешних нагрузок, когда за исходные напряжения принимаются соответственно допускаемое напряжение при низшей температуре (σ_-) и допускаемое напряжение при наибольшей нагрузке (σ_1)

Ограничение напряжения провода при среднегодовой температуре графически может быть представлено прямой, расположенной параллельно оси абсцисс и отстоящей от нее на расстояние $\sigma_э$. На рис. 1 приведен один из возможных вариантов расположения этой прямой и кривых $\sigma_{э(-)}$ и $\sigma_{э(г)}$

Для пролетов в диапазоне от 0 до $l_{1к}$ исходным является режим низшей температуры, в диапазоне от $l_{1к}$ до $l_{3к}$ — режим среднегодовой температуры, а от $l_{3к}$ и далее—режим наибольшей нагрузки.

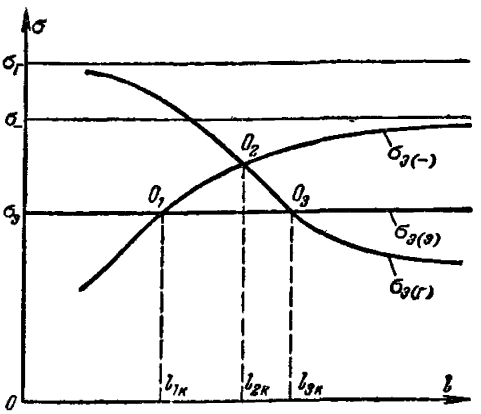


Рис. 1. Кривые зависимости напряжения провода от длины пролета при расчете провода по трем исходным условиям для случая

$$l_{1к} < l_{2к} < l_{3к}.$$

$\sigma_{э(г)}$, $\sigma_{э(-)}$ и $\sigma_{э(э)}$ — напряжения в проводе при среднегодовой температуре, когда в качестве исходного приняты соответственно режимы наибольшей нагрузки, низшей температуры и среднегодовой температуры.

В соответствии с приведенными выше определениями критических пролетов точки O_1 и O_3 характеризуют соответственно величины первого и третьего критических пролетов, а точка O_2 — значение второго критического пролета

Таким образом, значения первого, второго и третьего критических пролетов фиксируются точками пересечения кривых $\sigma_{э\,(-)}$ и $\sigma_{э\,(г)}$ между собой и каждой из них с прямой $\sigma_э$.

30. Взаимное расположение кривых $\sigma_{э\,(-)}$ и $\sigma_{э\,(г)}$ и прямой $\sigma_э$ может быть разным. В рассматриваемом случае (рис. 1), когда прямая проходит ниже точки пересечения кривых $\sigma_{э\,(-)}$ и $\sigma_{э\,(г)}$, физический смысл имеют два критических пролета: $l_{1к}$ и $l_{3к}$ (пролет $l_{2к}$ в этом случае физического смысла не имеет).

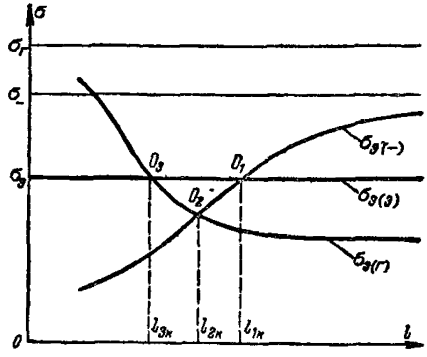


Рис. 2. Кривые зависимости напряжения провода от длины пролета при расчете провода по трем исходным условиям для случая $l_{1к} > l_{2к} > l_{3к}$.

Если прямая $\sigma_э$ проходит выше точки пересечения кривых $\sigma_{э\,(-)}$ и $\sigma_{э\,(г)}$ (рис. 2), то физический смысл имеет только второй критический пролет $l_{2к}$. Первый ($l_{1к}$) и третий ($l_{3к}$) критические пролеты в этом случае фиктивные, физического смысла не имеют и находятся на пересечении прямой $\sigma_э$ с продолжением кривых $\sigma_{э\,(-)}$ и $\sigma_{э\,(г)}$. Продолжения кривых $\sigma_{э\,(-)}$ и $\sigma_{э\,(г)}$ должны быть построены на основании тех же исходных условий, что и сами кривые, т. е. продолжение кривой $\sigma_{э\,(-)}$ — исходя из режима низшей температуры (прямая σ_-), а продолжение кривой $\sigma_{э\,(г)}$ — исходя из режима наибольшей нагрузки (прямая $\sigma_г$).

В этом случае для пролетов $l_р < l_{2к}$ исходным является режим низшей температуры, а для пролетов $l_р > l_{2к}$ — режим наибольшей нагрузки ($l_р$ — длина пролета, по которому ведется расчет).

31. Если в первом варианте $l_{1к} < l_{3к}$, то во втором варианте $l_{1к} > l_{3к}$. От того, как проходит прямая $\sigma_э$, могут быть установлены следующие зависимости между величинами критических пролетов: если прямая $\sigma_э$ проходит ниже точки O_2, то

$$l_{1к} < l_{2к} < l_{3к},$$

а если прямая $\sigma_э$ проходит выше точки O_2, то

$$l_{1к} > l_{2к} > l_{3к}.$$

32. Интересно исследовать случай, когда длины критических пролетов одновременно или порознь принимают мнимые значения.

Условия, при которых критические пролеты становятся мнимыми, можно вывести, анализируя формулы (14), (15) и (16) с учетом данных, помещенных в табл. 1 и 2.

а) Первый критический пролет. Из формулы (14) видно, что $l_{1к}$ с уменьшением перепада температур $\Delta t_{э-} = t_э - t_-$ также уменьшается и при определенном перепаде $\Delta t_{(э-)к}$ переходит через нуль и при дальнейшем уменьшении становится мнимым (рис. 3 — кривая $\sigma_{э(-)}$ не пересекает прямой $\sigma_э$). При этом $l_{2к}$ становится фиктивным и для пролетов в диапазоне от 0 до $l_{3к}$ исходным является режим среднегодовой температуры, а для пролетов $l_р > l_{3к}$ — режим наибольшей нагрузки.

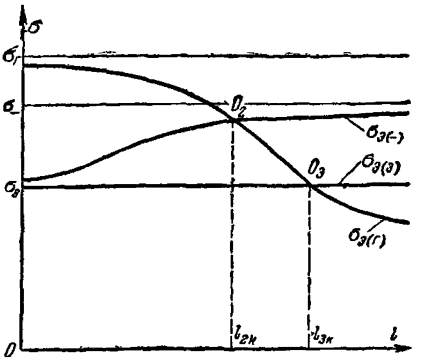


Рис. 3. Кривые зависимости напряжения провода от длины пролета при расчете провода по трем исходным условиям для случая, когда $l_{1к}$ мнимый.

б) Второй критический пролет. Из рассмотрения формулы (15) можно сделать заключение, что для климатических условий Советского Союза при значениях $\sigma_г$ и σ_-, мало отличающихся от величин, приведенных в табл. 3, второй критический пролет для всех проводов никогда не может быть мнимой величиной и всегда больше нуля.

в) Третий критический пролет. Из формулы (16) можно установить, что в зависимости от соотношений $\frac{\gamma_г}{\gamma_1}$ и $\frac{\sigma_г}{\sigma_э}$ $l_{3к}$ принимает следующие значения:

1) при $\frac{\gamma_г}{\gamma_1} > \frac{\sigma_г}{\sigma_э}$ $\quad l_{3к} > 0$;

2) при $\frac{\gamma_г}{\gamma_1} = \frac{\sigma_г}{\sigma_э}$ $\quad l_{3к} \to \infty$;

3) при $\frac{\gamma_г}{\gamma_1} < \frac{\sigma_г}{\sigma_э}$ $\quad l_{3к}$ — мнимая величина.

При $l_{3к}$ мнимом (рис. 4 — кривая $\sigma_{э(г)}$ не пересекает прямой $\sigma_э$). Для пролетов в диапазоне от 0 до $l_{1к}$ исходным является режим низшей температуры, а для пролетов $l_р > l_{1к}$ — режим среднегодовой температуры (пролет $l_{2к}$ в этих случаях физического смысла не имеет).

Если $l_{1к}$ и $l_{3к}$ одновременно становятся мнимыми, то исходным для всех расчетных пролетов является режим среднегодовой температуры (рис. 5 — кривые $\sigma_{э(-)}$ и $\sigma_{э(г)}$ не пересекают прямой $\sigma_э$).

Указанными выше вариантами взаимного расположения кривых $\sigma_{э(-)}$ и $\sigma_{э(г)}$ и прямой $\sigma_э$ исчерпываются все возможные случаи, которые могут встретиться при расчете проводов ВЛ для климатических условий Советского Союза и нормативных допускаемых напряжений.

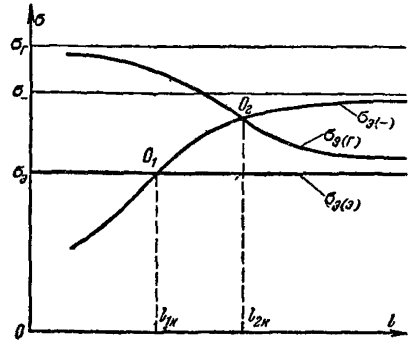
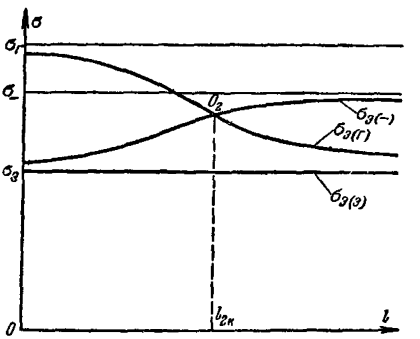


Рис. 4. Кривые зависимости напряжения провода от длины пролета при расчете провода по трем исходным условиям для случая, когда $l_{3к}$ мнимый.

Рис. 5. Кривые зависимости напряжения провода от длины пролета при расчете провода по трем исходным условиям для случая, когда $l_{1к}$ и $l_{3к}$ мнимые.



ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ПРИНИМАЕМЫЕ ПРИ ЕДИНИЧНЫХ РАСЧЕТАХ ПРОВОДА

33 При единичных расчетах провода, как это видно из приведенных рисунков, возможны следующие зависимости длин расчетного $l_р$ и второго критического $l_{2к}$ пролетов:

1. Расчетный пролет меньше второго критического пролета ($l_р < l_{2к}$) В этом случае определяющим может быть режим низшей температуры или режим среднегодовой температуры. Это определяется сравнением расчетного пролета с первым критическим пролетом: если $l_р > l_{1к}$, расчетным является режим среднегодовой температуры (то же при $l_{1к}$ мнимом), а если $l_р < l_{1к}$,— режим низшей температуры.

2. Расчетный пролет больше второго критического пролета ($l_р > l_{2к}$). В этом случае определяющим исходным режимом может быть режим наибольшей нагрузки или режим среднегодовой темпе-

ратуры. Это можно выявить сравнением расчетного пролета с третьим критическим пролетом: если $l_р > l_{3к}$, расчетным является режим наибольшей нагрузки, а если $l_р < l_{3к}$,— режим среднегодовой температуры (то же при $l_{3к}$ мнимом).

Приведенные выше указания о ходе расчета провода справедливы для всех рассмотренных выше вариантов взаимного расположения кривых $\sigma_{э(-)}$ и $\sigma_{э(г)}$ и прямой $\sigma_э$

34 При единичных расчетах последовательность вычислительных операций должна быть следующей: по формуле (15) вычисляется второй критический пролет и проводится сравнение его с расчетным пролетом, если $l_р < l_{2к}$, то по формуле (14) определяется только первый критический пролет, а если $l_р > l_{2к}$, то по формуле (16) определяется только третий критический пролет.

Изложенное выше подтверждает, что при расчете провода нет необходимости определять значения всех трех критических пролетов.

ФОРМУЛЫ КРИТИЧЕСКИХ ПРОЛЕТОВ ПРИ ЗАДАННЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ДОПУСКАЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

35 Рассчитывая провод при трех расчетных режимах, как было сказано выше, расчетный пролет следует сравнивать в общем случае с двумя или одним из трех критических пролетов.

Подставив в формулы (14), (15) и (16) критических пролетов значения допускаемых напряжений $\sigma_г$, σ_- и $\sigma_э$, из табл. 3 можно получить более простой вид этих формул.

Зависимости первого критического пролета от разности температур $\Delta t_{э-} = t_э - t_-$ для разных марок проводов приведены в табл. 12.

Таблица 12

Значения первого критического пролета $l_{1к}$ в зависимости от $\Delta t_{э-} = t_э - t_-$

Марка провода	Значения $l_{1к}$, *м*
АС-16—АС-95	$52{,}4\sqrt{\Delta t_{э-} - 18{,}93}$
АС-120—АС-400	$58{,}8\sqrt{\Delta t_{э-} - 21{,}8}$
АСО-150—АСО-700	$58{,}9\sqrt{\Delta t_{э-} - 20{,}85}$
АСУ-120—АСУ-400	$59{,}2\sqrt{\Delta t_{э-} - 22{,}85}$
А-25—А-35*	$51{,}35\ (62{,}0)\sqrt{\Delta t_{э-} - 22{,}1}\ (11{,}05)$
А-50—А-185*	$48{,}15\ (58{,}1)\sqrt{\Delta t_{э-} - 20{,}7}\ (10{,}35)$
ПС-25—ПС-70	$67{,}5\sqrt{\Delta t_{э-} - 40{,}6}$
ПС-95	$72{,}8\sqrt{\Delta t_{э-} - 43{,}8}$

* Цифры в скобках даны для проводов сечением до 95 *мм*² в населенной местности и в местах пересечений.

Таблица 13

Значения K_2, K_3, N и M для определения второго и третьего критических пролетов

Марка провода	K_2	N	K_3	M
АС-16—АС-95	1,135	$64{,}9\sqrt{\Delta t_{г-}+7{,}58}$	1,68	$64{,}9\sqrt{\Delta t_{г\,э}+26{,}05}$
АС-120—АС-400		$72{,}9\sqrt{\Delta t_{г-}+9{,}07}$		$72{,}9\sqrt{\Delta t_{г.э}+30{,}85}$
АСО-150—АСО-700		$72{,}8\sqrt{\Delta t_{г-}+8{,}7}$		$72{,}8\sqrt{\Delta t_{г\,э}+29{,}55}$
АСУ-120—АСУ-400		$73{,}2\sqrt{\Delta t_{г-}+9{,}51}$		$73{,}2\sqrt{\Delta t_{г\,э}+32{,}3}$
А-25—А-35*	1,0	$68{,}4\,(54{,}7)\sqrt{\Delta t_{г-}}$	1,67 (1,33)	$68{,}4\,(54{,}7)\sqrt{\Delta t_{г.э}+22{,}1\,(11{,}05)}$
А-50—А-185*		$64{,}1\,(51{,}3)\sqrt{\Delta t_{г-}}$		$64{,}1\,(51{,}3)\sqrt{\Delta t_{г.э}+20{,}7\,(10{,}35)}$
ПС-25—ПС-70		$69\sqrt{\Delta t_{г-}}$	1,43	$69\sqrt{\Delta t_{г.э}+40{,}6}$
ПС-95		$74{,}3\sqrt{\Delta t_{г-}}$		$74{,}3\sqrt{\Delta t_{г.э}+43{,}8}$

* См. сноску на стр. 23.

Для второго и третьего критических пролетов имеем:

$$l_{2к} = \frac{N}{\sqrt{g_г^2 - K_2^2}}; \qquad (17)$$

$$l_{3к} = \frac{M}{\sqrt{g_г^2 - K_3^2}}, \qquad (17а)$$

где $g_г = \frac{\gamma_г}{\gamma_1}$ — уровень наибольшей нагрузки;

$$K_2 = \frac{\sigma_г}{\sigma_-} \quad \text{и} \quad K_3 = \frac{\sigma_г}{\sigma_э};$$

$$N = \frac{2\sigma_г}{\gamma_1}\sqrt{6\left[\beta_0(\sigma_г - \sigma_-) + \alpha_0(t_г - t_-)\right]};$$

$$M = \frac{2\sigma_г}{\gamma_1}\sqrt{6\left[\beta_0(\sigma_г - \sigma_э) + \alpha_0(t_г - t_э)\right]}.$$

Значения K_2, K_3, N и M для определения второго и третьего критических пролетов для разных марок проводов приведены в табл. 13.

КРИТИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА И УРОВЕНЬ КРИТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

36. Из формул критических пролетов, приведенных в п. 35, видно, что при заданных температурных условиях (для каждой группы марок проводов) изменение наибольшей нагрузки не приводит к изменению первого критического пролета, а второй и третий критические пролеты с увеличением наибольшей нагрузки уменьшаются и, наоборот, с уменьшением ее увеличиваются.

Графически это представлено на рис. 6, из которого видно, что расположение прямой $\sigma_э$ и кривой $\sigma_{э(-)}$ при заданных температурных условиях для данной группы проводов не зависит от величины нагрузки

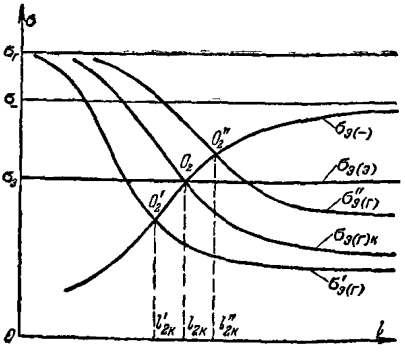


Рис. 6. График для определения второго критического пролета в зависимости от уровня наибольшей нагрузки.
$\sigma'_{э(г)}$, $\sigma_{э(г)к}$, $\sigma''_{э(г)}$ — напряжения в проводе при среднегодовой температуре, когда в качестве исходного принят режим наибольшей нагрузки соответственно для случаев:
$g_г > g_к$, $g_г = g_к$ и $g_г < g_к$.

Кривая $\sigma_{э\,(г)}$ может иметь различное месторасположение в зависимости от величины наибольшей нагрузки (кривые $\sigma'_{э\,(г)}$, $\sigma''_{э\,(г)}$ и $\sigma_{э\,(г)\,к}$ на рис. 6), тем самым определяя соответственно значения второго и третьего критических пролетов.

При определенном значении наибольшей нагрузки $\gamma_к$ кривые $\sigma_{э\,(-)}$ и $\sigma_{э\,(г)}$ и прямая $\sigma_э$ пересекаются в одной точке, т. е. $l_{1к} = l_{2к} = l_{3к}$.

Нагрузка $\gamma_к$, обусловливающая равенство всех трех критических пролетов, называется критической нагрузкой.

37. При нагрузках меньше критической кривые $\sigma_{э\,(г)}$ расположены выше кривой $\sigma_{э\,(г)\,к}$ (которая характеризуется критической нагрузкой), а при нагрузках больше критической — ниже ее.

Введение понятия критическая нагрузка $\gamma_к$ или ее относительной величины $g_к = \frac{\gamma_к}{\gamma_1}$, которую можно назвать уровнем критической нагрузки, значительно упрощает проведение серийных расчетов провода (так называемый систематический расчет).

38 Для соблюдения условия равенства критических пролетов достаточно, чтобы два любых критических пролета были равны между собой.

Для определения критической нагрузки целесообразно приравнять первый критический пролет второму или третьему. Пользуясь формулами (17) и (17а), это условие можно привести к виду

$$l_{1к} = l_{2к} = \frac{N}{\sqrt{g_к^2 - K_2^2}},$$

или

$$l_{1к} = l_{3к} = \frac{M}{\sqrt{g_к^2 - K_3^2}},$$

откуда

$$g_к = \sqrt{\left(\frac{N}{l_{1к}}\right)^2 + K_2^2}, \qquad (18)$$

или

$$g_к = \sqrt{\left(\frac{M}{l_{1к}}\right)^2 + K_3^2}. \qquad (18а)$$

Формулы (18) и (18а) идентичны, и можно пользоваться любой из них.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УРОВНЯ КРИТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

39. При проведении систематических расчетов проводов для климатических условий Советского Союза могут наблюдаться следующие случаи (рис. 7):

1. Уровень наибольшей нагрузки больше или равен уровню критической нагрузки, т. е. $g_г \geqslant g_к$. В этом случае точка, определяющая величину второго критического пролета, может лежать

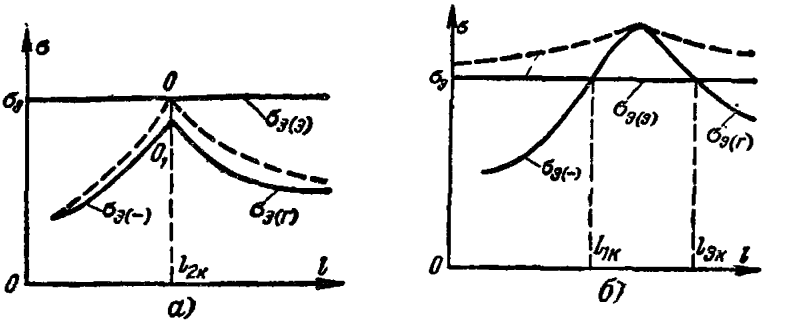


Рис. 7. График для выбора исходных режимов при расчете провода.

а — уровень наибольшей нагрузки больше или равен уровню критической нагрузки (сплошная линия при $g_г > g_к$, пунктир — при $g_г = g_к$); расчет ведется по $l_{2к}$; *б* — уровень наибольшей нагрузки меньше уровня критической нагрузки $g_г < g_к$; расчет ведется по $l_{1к}$ и $l_{3к}$ (сплошная линия при $l_{1к}$ и $l_{3к}$ действительных величинах, пунктир при $l_{1к}$ и $l_{3к}$ мнимых величинах).

ниже прямой $\sigma_э$ (точка O_1) или на ней (точка O). Для обоих положений этой точки расчетным может быть режим низшей температуры (если $l_р < l_{2к}$) или режим наибольшей нагрузки (если $l_р > l_{2к}$), т. е. для данного случая достаточно определить только второй критический пролет.

2. Уровень наибольшей нагрузки меньше уровня критической нагрузки, т. е. $g_г < g_к$. Исходный режим определится из сравнения расчетного пролета с первым и третьим критическими пролетами. Если $l_р < l_{1к}$, исходным является режим низшей температуры, если $l_{1к} < l_р < l_{3к}$, — режим среднегодовой температуры, а если $l_р > l_{3к}$, — режим наибольшей нагрузки.

Метод определения исходных режимов с использованием значения $g_к$ графически представлен на рис. 7 применительно к указанным выше случаям. При этом, если $l_{1к}$ имеет мнимое значение, при сравнении его с расчетным пролетом последний следует считать больше первого критического пролета, т. е. $l_р > l_{1к}$.

Если же $l_{3к}$ имеет мнимое значение, то при сравнении его с расчетным пролетом последний следует считать меньше третьего критического пролета, т. е. $l_р < l_{3к}$.

40. При выполнении серийных расчетов может быть рекомендована следующая последовательность работы.

а) Вычисление первого критического пролета $l_{1к}$ и уровня критической нагрузки $g_к$ с предварительным подсчетом значений N и M

б) Сравнение значения $g_к$ с уровнем наибольшей нагрузки $g_г$, подсчитанным для каждого сечения и марки провода в отдельности (в соответствии с данными климатических условий).

в) Определение, как указано выше, исходных расчетных режимов.

Сравнивая этот метод определения исходных режимов с методом, изложенным при выполнении единичных расчетов проводов

(см. п. 33 и 34), можно сделать заключение, что метод, использующий уровень критической нагрузки при выполнении систематического расчета проводов, менее трудоемок (меньше вычислительных операций), и достаточно нагляден, а потому может быть рекомендован при выполнении серийных расчетов.

В табл. 14 *, 16 и 18 даны значения наибольших удельных нагрузок $\gamma_г$, а в табл. 15, 17 и 19 — уровня наибольшей нагрузки $g_г$ для каждого сечения и марки алюминиевых, сталеалюминиевых и стальных проводов для климатических условий Советского Союза.

В табл. 20 приведены значения уровня критической нагрузки на эти провода для разных сочетаний температурных условий.

ТАБЛИЦЫ ЧИСЛЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ КРИТИЧЕСКИХ ПРОЛЕТОВ *

41. В табл. 21 приведены значения первого критического пролета, а в табл. 22, 23 и 24 — значения второго и третьего критических пролетов.

Таблицы составлены для сталеалюминиевых, алюминиевых и стальных проводов (по действующим ГОСТ 839-59 и 5800-51) в соответствии с номенклатурой, рекомендуемой ПУЭ-64 для расчетных условий, практически охватывающих все основные климатические районы Советского Союза, а именно:

а) для ВЛ напряжением до 35 *кв* толщина стенки гололеда 0,5; 1,0; 1,5 и 2,0 *см*; скоростной напор ветра 27, 35, 45, 55 и 70 *кГ/м²*.

б) Для ВЛ напряжением 110—330 *кв* толщина стенки гололеда 0,5; 1,0; 1,5 и 2,0 *см*; скоростной напор ветра 40, 50, 65 и 80 *кГ/м²*.

в) Для ВЛ напряжением 500 *кв* толщина стенки гололеда 1,0; 1,5 и 2,0 *см*; скоростной напор ветра 55, 70 и 85 *кГ/м²*.

42. Численные значения первого критического пролета (см. табл. 21) определены по формулам, приведенным в табл. 12. Как указывалось, величина первого критического пролета для каждой группы марок проводов не зависит от наибольшей нагрузки и изменяется только от принятых значений и сочетаний среднегодовой и низшей температур. При вычислении были приняты три следующих перепада темпертур $\Delta t_{э\_} = t_э - t_\_$: 35, 40 и 45° С.

С уменьшением перепада температур $\Delta t_{э\_}$ величина первого критического пролета также уменьшается и при перепаде 19—23° С для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов и 41—44° С для стальных проводов становится равной нулю, а при дальнейшем понижении перепада $l_{1к}$ становится мнимой величиной.

Для климатических условий Советского Союза перепад температур $\Delta t_{э\_}$ всегда больше, чем 23° С, поэтому первый критический пролет для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов всегда больше нуля.

Для стальных проводов при перепаде $\Delta t_{э\_} = 35—40°$ С первый критический пролет принимает мнимое значение (см. табл. 21).

В этом случае второй критический пролет является фиктивным, и поэтому исходные условия для расчета проводов устанавливают-

---

* Табл. 14—24 приведены на стр. 42—85.

ся сравнением расчетного пролета только с третьим критическим пролетом (см. рис. 3).

Упрощенно этот случай можно представить в виде мнемонической схемы (рис. 8,*а*).

Если $l_р < l_{зк}$, то исходным является режим среднегодовой температуры, если же $l_р > l_{зк}$,— режим наибольших нагрузок

43. Вычисление значений второго критического пролета выполнено по формуле (17) в соответствии с табл. 13 для разных районов климатических условий.

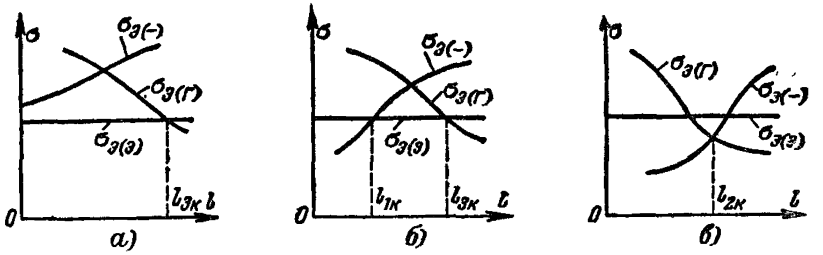


Рис. 8. Мнемоническая схема для выбора исходных расчетных режимов.

а — расчет ведется по $l_{зк}$ ($l_{1к}$ мнимый, $l_{2к}$ фиктивный); *б* — расчет ведется по $l_{1к}$ и $l_{зк}$ ($l_{1к} < l_{зк}$, и поэтому $l_{2к}$ фиктивный); *в* — расчет ведется по $l_{2к}$ ($l_{1к} > l_{зк}$, и поэтому $l_{1к}$ и $l_{зк}$ фиктивные).

При вычислении были приняты шесть перепадов температур при наибольшей нагрузке и низшей температуре $\Delta t_{г\_} = t_г - t_{\_}$: 15, 20, 25, 30, 35 и 40° С.

В табл. 22, 23 и 24 для $l_{2к}$ в ряде граф имеются значки «—». *Эти значки показывают, что для указанных перепадов температур* второй критический пролет меньше третьего критического пролета и поэтому является фиктивным. При этом выбор исходных условий следует производить сравнением расчетного пролета с $l_{1к}$ или $l_{зк}$ (см. рис. 1). Мнемоническая схема для данного случая приведена на рис. 8,*б*.

Если $l_р < l_{1к}$, то исходным является режим низшей температуры, если $l_{1к} < l_р < l_{зк}$ — режим среднегодовой температуры, и если $l_р > l_{зк}$, — режим наибольшей нагрузки.

44. Значения третьего критического пролета $l_{зк}$ вычислены по формуле (17а) в соответствии с табл. 13 для разных районов климатических условий.

При вычислении были приняты шесть перепадов температур при наибольшей нагрузке и среднегодовой температуре $\Delta t_{г.э} = t_г - t_э$: +5; 0; —5; —10; —15; — 20° С.

Значки «—» в табл 22, 23 и 24 для $l_{зк}$ показывают, что для этих перепадов температур $l_{зк} < l_{2к}$ и поэтому $l_{1к}$ и $l_{зк}$ являются фиктивными.

В этих случаях выбор исходных условий сводится к сравнению расчетного пролета только с $l_{2к}$ (см. рис. 2). Мнемоническая схема в данном случае имеет вид, приведенный на рис. 8,*в*.

Если $l_р < l_{2к}$, то исходным является режим низшей температуры, если $l_р > l_{2к}$, — режим наибольшей нагрузки.

В табл. 22, 23 и 24 для $l_{3к}$ в ряде граф проставлены «крестики» (х). Это означает, что для данного перепада температур $l_{3к} > 500$ *м* (или мнимая величина). В этом случае $l_{2к}$ является фиктивным и для пролетов $l_р < 500$ *м*. Сравнение следует производить с $l_{1к}$ (см. табл. 21).

Если $l_р < l_{1к}$, то исходным является режим низшей температуры, если $l_р > l_{1к}$, — режим среднегодовой температуры.

При расчете пролетов более 500 *м* значение $l_{3к}$ следует определить по формуле (17а) и в соответствии с изложенным выше произвести выбор исходных условий.

Для стальных проводов $l_{1к}$ может принять мнимое значение; в этом случае, как указывалось выше, исходным является режим среднегодовой температуры.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫПОЛНЕННЫХ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ДЛЯ НОВЫХ УСЛОВИЙ

45. Выполнение систематического расчета является довольно трудоемкой работой, поэтому при конкретном проектировании целесообразно рассмотреть возможность использования уже выполненных систематических расчетов, в основу которых положены температурные условия, отличные от рассматриваемых.

Анализ результатов систематических расчетов показывает, что в ряде случаев это можно сделать проведением несложных расчетов и построений дополнительно к используемому систематическому расчету.

Основными величинами температур, влияющих на общий характер кривых напряжений в систематическом расчете, являются температуры, характеризующие исходные расчетные условия: низшая температура t_-, температура при наибольшей нагрузке $t_г$ и среднегодовая температура $t_э$.

46 Наибольший практический интерес представляет случай использования систематического расчета при изменении среднегодовой температуры.

Прежде чем перейти к изложению рекомендаций по выполнению дополнительных расчетов и построений для этого случая, следует ознакомиться с понятием критической среднегодовой температуры и вывести формулы для вычисления ее.

На рис. 1 и 2 кривые $\sigma_{э(-)}$ и $\sigma_{э(г)}$ представляют зависимости напряжения провода от длины пролета при среднегодовой температуре, когда за исходное берется допускаемое напряжение при низшей температуре σ_- и допускаемое напряжение при наибольшей нагрузке $\sigma_г$. Расположение этих кривых зависит от значения среднегодовой температуры: чем выше $t_э$, тем эти кривые проходят ниже, и наоборот; тем самым точка пересечения их O_2 может оказаться выше прямой $\sigma_э$ (см. рис. 1, $l_{2к}$ — фиктивный пролет, и расчет проводится по $l_{1к}$ и $l_{3к}$) или ниже прямой $\sigma_э$ (см. рис. 2, $l_{1к}$ и $l_{3к}$ — фиктивные пролеты и расчет проводится по $l_{2к}$).

При каком-то значении среднегодовой температуры (при заданных остальных условиях) может оказаться, что точка пересечения кривых $\sigma_{э(-)}$ и $\sigma_{э(I)}$ ляжет на прямую $\sigma_э$ (в этом случае $l_{1к} = l_{2к} = l_{3к}$ и расчет ведется только по второму критическому пролету). Это значение среднегодовой температуры называется критической среднегодовой температурой $t_{э\,к}$.

Сравнивая среднегодовую температуру для данной линии $t_э$ с критической среднегодовой температурой $t_{э.к}$ (аналогично тому, как это делалось при сравнении уровня наибольшей нагрузки с уровнем критической нагрузки), можно судить о том, с каким из расчетных случаев мы имеем дело.

Если $t_э > t_{э.к}$, то расчет ведется по $l_{2к}$ (см. рис. 2), а если $t_э < t_{э.к}$, — по $l_{1к}$ и $l_{3к}$ (см. рис. 1).

Формула для вычисления значения $t_{э\,к}$ может быть получена приравниванием значений каких-либо двух критических пролетов.

Приравнивая значение первого критического пролета

$$l_{1к} = a\sqrt{\Delta t_{э\,-} - b}$$

значению второго критического пролета $l_{2к}$, имеем:

$$l_{2к} = a\sqrt{\Delta t_{э\,-} - b},$$

откуда после несложных преобразований получаем формулу для вычисления критической среднегодовой температуры:

$$t_{э.к} = K\,(0{,}01 l_{2к})^2 + b + t_{-}. \qquad (19,$$

Значения постоянных K и b для каждой марки проводов приведены в табл. 25.

Таблица 25

Значения постоянных K и b для разных марок проводов

Постоянные	АС-16—АС-95	АС-120—АС-100	АСО	АСУ	А-25—А-35	А-50—А-185	ПС-25—ПС-70	ПС-95
b	18,93	21,8	20,85	22,85	22,1	20,7	40,6	43,8
K	3,64	2,89	2,88	2,85	3,79	4,32	2,2	1,94

Для пролетов $l_{2к}$ в диапазоне 100—350 *м* критическая среднегодовая температура при $t_{-} = -40°$ С имеет значения, приведенные в табл. 26.

47. Ниже рассмотрены случаи, которые могут быть, если систематический расчет и кривые напряжений построены для температурных условий $t_э$, $t_г$ и t_{-} и нужно использовать их для условий $t'_э$, $t_г$ и t_{-} (меняется только среднегодовая температура).

1. Используется систематический расчет, который выполнен только по $l_{2к}$ ($l_{1к}$ и $l_{3к}$ являются фиктивными).

а) $t'_э > t_э$ (рис. 9,*а*).

Корректирование систематического расчета сводится к построению дополнительно только одной кривой $\sigma_{t'_э} = f(l)$ в соответствии

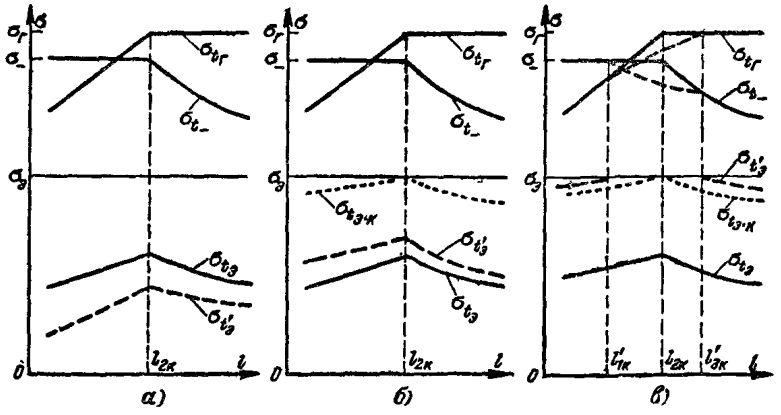


Рис. 9. Дополнительные построения при использовании выполненного систематического расчета по $l_{2к}$ ($l_{1к}$ и $l_{3к}$ фиктивные, $t_э > t_{э.к}$) для новой среднегодовой температуры $t'_э$.

а) $t'_э > t_э$; *б)* $t_э > t'_э \geqslant t_{э.к}$; *в)* $t'_э < t_{э\,к}$.

Таблица 26

Значения критических температур $\Delta t_{эк}$ для разных марок проводов

$l_{2к}$	АС-16—АС-95	АС-120—АС-400	АСО	АСУ	А-25—А-35	А-50—А-185	ПС-25—ПС-70	ПС-95
100	—17,4	—15,3	—16,3	—14,3	—14,1	—15,4	+2,8	+5,7
150	—12,9	—11,7	—12,7	—10,6	—9,4	—10,0	+5,5	+8,2
200	—6,5	—6,6	—7,9	—5,6	—2,7	—2,4	+9,4	+11,6
250	+1,7	—0,2	—1,1	+0,7	+5,8	—7,3	+14,3	+16,0
300	+11,7	+7,8	+6,7	+8,5	+16,2	+19,2	+20,4	+21,3
350	+23,4	+17,0	+16,0	+17,7	+28,5	+33,2	+27,5	+27,6

с теми исходными условиями, на основании которых проделан систематический расчет. Исходным для пролетов до $l_{2к}$ является режим низшей температуры, а для пролетов больше $l_{2к}$ — режим наибольшей нагрузки.

Эти построения выполнены пунктиром. Все ранее выполненные кривые напряжений в систематическом расчете остаются без изменений.

б) $t'_э < t_э$, но $t'_э \geqslant t_{э.к}$ (рис. 9,*б*).

Этот случай аналогичен предыдущему (1,а).

в) $t'_э < t_э$ и $t'_э < t_{э.к}$ (рис. 9,*в*).

В этом случае для среднегодовой температуры $t'_э$ второй критический пролет становится фиктивным, и поэтому следует опреде-

лить первый и третий критические пролеты ($l'_{1к}$ и $l'_{3к}$), соответствующие новой $t'_э$.

После этого в диапазоне пролетов $l'_{1к} - l'_{3к}$ должны быть перестроены все кривые напряжений, исходя из допускаемого напряжения при среднегодовой температуре $t'_э$, и построена кривая $\sigma_{t'_э} = f(l)$ для пролетов до $l'_{1к}$ по допускаемому напряжению при низшей температуре, а для пролетов более $l'_{3к}$ — по допускаемому напряжению при наибольшей нагрузке.

2. Используется систематический расчет, который выполнен по $l_{1к}$ и $l_{3к}$ (второй критический пролет является фиктивным).

а) $t'_э < t_э$ (рис. 10,*а*).

Расчетная схема остается без изменения при новых первом и третьем критических пролетах $l'_{1к}$ и $l'_{3к}$ (диапазон между первым и третьим критическими пролетами расширяется).

В диапазоне $l'_{1к} - l'_{3к}$ должны быть перестроены все кривые, исходя из допускаемого напряжения при среднегодовой температуре $t'_э$.

Кривая $\sigma_{t'_э} = f(l)$ строится аналогично (1,в).

б) $t'_э > t_э$, но $t'_э < t_{э.к}$ (рис. 10,*б*).

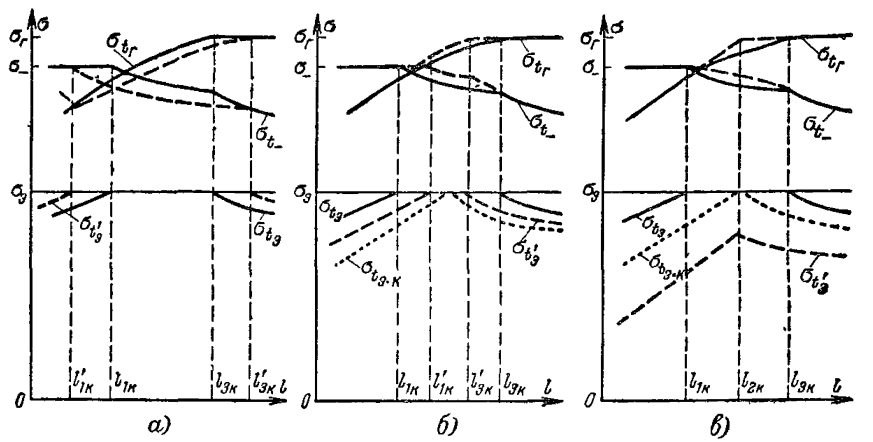


Рис. 10. Дополнительные построения при использовании выполненного систематического расчета по $l_{1к}$ и $l_{3к}$ ($l_{2к}$ — фиктивный, $t_э < t_{эк}$) для новой среднегодовой температуры $t'_э$.

а) $t'_э < t_э$; *б*) $t_э < t'_э < t_{э\,к}$; *в*) $t'_э \geqslant t_{э\,к}$.

Расчетная схема и в этом случае остается неизменной; меняются лишь значения первого и третьего критических пролетов (диапазон между ними суживается)

Все кривые должны быть перестроены следующим образом: в диапазоне $l_{1к} - l'_{1к}$ — исходя из допускаемого напряжения при низшей температуре, в диапазоне $l'_{1к} - l'_{3к}$ — исходя из допускаемого напряжения при среднегодовой температуре $t'_э$ и в диапазоне $l'_{3к} - l_{3к}$ — исходя из допускаемого напряжения при наибольшей нагрузке.

Кривая $\sigma_{t'_э} = f(l)$ строится так же, как (1,*в*).

в) $t'_э \geqslant t_{э\,к}$ (рис 10,*в*)

Первый и третий критические пролеты становятся фиктивными и следует определить второй критической пролет $l_{2к}$.

Все кривые в диапазоне пролетов $l_{1к}$—$l_{2к}$ должны быть перестроены, исходя из допускаемого напряжения при низшей температуре, а в диапазоне $l_{2к}$—$l_{3к}$ — по допускаемому напряжению при наибольшей нагрузке.

Кривая $\sigma_{t'_э} = f(l)$ строится так же, как (1,*а*).

48. Рассмотренный выше способ использования систематического расчета при изменении значения среднегодовой температуры может быть также распространен на случаи при изменении t_- или $t_г$.

Однако следует иметь в виду, что в зависимости от соотношения длин критических пролетов эти дополнительные расчеты и построения в одних случаях могут быть очень простыми, в других — настолько трудоемкими, что целесообразно перенти к выполнению самостоятельного систематического расчета для рассматриваемого случая.

ВЫБОР РАСЧЕТНЫХ ТЯЖЕНИЙ ДЛЯ ГРОЗОЗАЩИТНЫХ ТРОСОВ

49. При расчете грозозащитных тросов применяются те же приемы, что и при расчете проводов, однако, выбор расчетных тяжений для троса имеет свои особенности.

Как известно, при подвеске грозозащитного троса должны быть соблюдены следующие условия:

1. Трос должен быть расположен на опоре таким образом, чтобы гарантировать необходимый угол защиты проводов.

2. Расстояния между тросом и проводом в середине пролета должны быть такими, чтобы исключались перекрытия с троса на провод при ударе молнии в трос. Для соблюдения этого условия напряжение в тросе $\sigma_т$ при температуре $+15°$ С должно быть не менее, чем подсчитанное по формуле

$$\sigma_т = \frac{\gamma_т}{\frac{\gamma_п}{\sigma_п} - 8\frac{h_c - h_0}{l^2}}, \qquad (20)$$

где $\gamma_п$, $\gamma_т$ — приведенная нагрузка на провод и трос от собственного веса, $кГ/м \cdot мм^2$;

$\sigma_п$ — напряжение в низшей точке провода при температуре $+15°$ С и без ветра, $кГ/мм^2$;

h_o — расстояние по вертикали между проводом и тросом на опоре, *м*;

l — длина пролета, *м*;

h_c — нормированное расстояние по вертикали между проводом и тросом в середине пролета, *м* (это расстояние должно быть не менее $1 + 0{,}015l$).

Если пролеты в анкерном участке отличаются по длине, то на практике для обеспечения минимально необходимого расстояния между проводом и тросом во всех пролетах в формулу (20) обычно подставляется значение $l = (1{,}1 \div 1{,}25) l_{\text{габ}}$.

50 После определения расчетного тяжения по тросу следует проверить, чтобы напряжение в тросе при наибольшей нагрузке или низшей температуре, а также напряжение при среднегодовой температуре не превышали соответствующих величин допускаемых напряжений

3. РАСЧЕТ ПРОВОДОВ В АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

51. Как уже указывалось выше, механический расчет проводов и тросов в аварийных режимах работ ВЛ производится с целью установления величины тяжения и стрел провеса проводов в пролетах, смежных с аварийным.

Когда обрыв провода происходит в отдельном анкерном пролете, со стороны уцелевших проводов в смежных пролетах на анкерные опоры передается нагрузка, равная полному тяжению провода, которое он имел в момент, предшествующий обрыву. В этом случае тяжение после обрыва определяется обычным способом (по данным систематического расчета) соответственно нагрузкам провода Определенное таким расчетом тяжение является нормативной горизонтальной нагрузкой на анкерную опору при аварийном режиме.

Более сложным случаем является обрыв провода в пролете, который ограничен с одной стороны анкерной опорой, а с другой — промежуточной или ограничен с двух сторон промежуточными опорами. В этом случае на промежуточную опору передается горизонтальная сила от тяжения уцелевшей части провода Если провод подвешен на поддерживающей гирлянде изоляторов, то гирлянда отклоняется в направлении действия одностороннего тяжения до положения, при котором наступит равновесие всех приложенных к ней внешних сил. При этом произойдет ослабление тяжения проводов, которое будет еще значительнее в случае гибких промежуточных опор.

Изменение тяжения провода в результате смещения его точки подвеса в силу отклонения гирлянды (и отклонения опоры) называется редукцией, а установившееся новое тяжение — редуцированным

Величина редуцированного тяжения представляет интерес, во-первых, как нагрузка на промежуточную опору при аварийном режиме и во-вторых, как фактор, влияющий на величину стрелы провеса и, следовательно, на расстояние от провода до земли или какого-либо пересекаемого ВЛ инженерного объекта.

Изменение тяжения провода, или редукция тяжения, зависит в основном от конструкции опоры, типа изоляции, нагрузки и длины пролета до обрыва провода.

52. При расчете ВЛ для работы в аварийных режимах следует принимать следующие сочетания климатических условий:

а) провода и тросы покрыты гололедом, температура минут 5° С (при $t_э$=—5° С следует брать $t_г$=—10° С), ветер отсутствует (для определения нагрузки на промежуточную опору);

б) низшая температура t_-, ветер и гололед отсутствуют (для определения нагрузки на промежуточную опору);

в) среднегодовая температура $t_э$, ветер и гололед отсутствуют (для определения стрелы провеса провода).

53. Для определения нагрузки на обычную (массовую) промежуточную опору с подвесными гирляндами нормативное тяжение при обрыве провода, закрепленного в глухом зажиме, для ВЛ с нерасщепленными проводами принимается равным следующим условным величинам, исчисляемым в долях нормативного максимального тяжения провода или проводов одной фазы ($T_{макс}$):

а) для опор жесткого типа (металлических свободностоящих опор, опор из любого материала на оттяжках и других типов жестких опор:

с проводами сечением до 185 *мм*² . . . . . $0{,}5T_{макс}$;

с проводами сечением 240 *мм*² и более . . . $0{,}4T_{макс}$;

б) для железобетонных свободностоящих опор гибкого типа:

с проводами сечение до 185 *мм*² . . . . . $0{,}3T_{макс}$;

с проводами сечением 240 *мм*² и более . . . $0{,}25T_{макс}$;

в) для деревянных свободностоящих опор гибкого типа:

с проводами сечением до 185 *мм*² . . . . . $0{,}25T_{макс}$;

с проводами сечением от 240 до 400 *мм*² . . $0{,}2T_{макс}$;

с проводами сечением 500 *мм*² и более . . . $0{,}15T_{макс}$;

г) для других типов опор (опор из новых материалов, металлических гибких опор и т. д.) нормативное тяжение принимается с коэффициентами, определяемыми в зависимости от гибкости рассчитываемых опор.

54. Нормативное тяжение при обрыве провода, закрепленного в глухом зажиме, для ВЛ с расщепленными проводами определяется, так же как для ВЛ с нерасщепленными проводами, с введением коэффициентов: 0,8 — при расщеплении на два провода, 0,7 — на три провода и 0,6 — на четыре провода.

При применении средств, ограничивающих нагрузку на промежуточную опору (выпадающие зажимы, зажимы с ограниченной прочностью заделки, свободная подвеска на блоках, а также другие мероприятия) расчет следует производить на нагрузки, возникающие при использовании этих средств.

55. На больших переходах промежуточные опоры рассчитываются на полное редуцированное тяжение в режиме наибольшего тяжения

56. Промежуточные опоры с креплением проводов на штыревых изоляторах при помощи проволочной вязки следует рассчитывать при аварийном режиме на нормативное тяжение одного провода (не более 150 *кГ*)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВНОЙ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СИЛЫ НА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ОПОРЕ ПРИ ОБРЫВЕ ПРОВОДА (РЕДУЦИРОВАННОЕ ТЯЖЕНИЕ)

57. Методы вычисления редуцированного тяжения как для определения нормативной горизонтальной нагрузки на промежуточной опоре, так и для установления стрелы провеса в пролетах, смежных с аварийным, одни и те же.

Вычисление редуцированного тяжения может быть осуществлено или графоаналитическим, или графическим методом. Графоаналитический метод является более сложным и трудоемким, поэтому на практике, как правило, пользуются графическим методом, развитым инж. В. П. Фармаковским.

Для иллюстрации явления обрыва провода и лучшего понимания последующего изложения этого вопроса на рис. 11 дана схема условного анкерного участка с соответствующими необходимыми обозначениями для общего случая: промежуточные опоры гибкого типа, закрепление проводов на подвесных изоляторах с глухими зажимами. Условно количество пролетов принято равным шести

Обрыв обычно рассматривается без учета влияния уцелевших в поврежденном пролете проводов и тросов, так как это усложняет расчет и мало отражается на его точности

Вычисление редуцированного тяжения графическим методом состоит из следующих последовательных операций:

1. Вычисление и построение кривой зависимости тяжения в проводе от изменения длины пролета:

$$T = f(\Delta l).$$

2. Вычисление и построение кривой зависимости отклонения точки подвеса провода от разности тяжения в проводе в смежных пролетах:

$$\delta = f(\Delta T).$$

3. Графическое определение редуцированного тяжения.

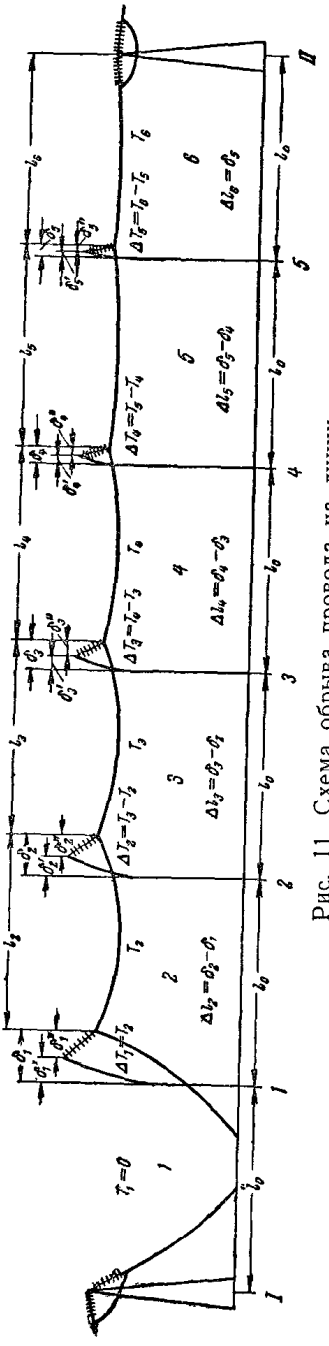


Рис. 11 Схема обрыва провода на линии.

58. Уравнение зависимости тяжения T в проводе от изменения длины пролета Δl, по которому строится кривая $T=f(\Delta l)$, имеет вид

$$T = \sigma S = S\sqrt{\frac{l^3\gamma_p^2}{24(L_0 - l)}}, \qquad (21)$$

где S — площадь сечения провода, $мм^2$;
σ — напряжение в проводе, соответствующее l и γ_p, $кГ/мм^2$;
l — длина пролета (переменная величина), $м$;
γ_p — приведенная нагрузка, соответствующая расчетному режиму при обрыве провода, $кГ/м \cdot мм^2$;
$\gamma_з$ — при определении нагрузки на промежуточную опору;
γ_1 — при определении стрелы провеса провода;
L_0 — длина провода в пролете, $м$, определяемая по формуле

$$L_0 = l_0 + \frac{l_0^3\gamma_p^2}{24\sigma_0},$$

где l_0 — расчетный пролет между опорами (исходное значение), $м$;
σ_0 — исходное напряжение в проводе, $кГ/мм^2$, соответствующее 2-му или 6-му расчетному режиму (по табл. 10) при определении нагрузки на промежуточную опору, и $\sigma_{t_э}$ при определении стрелы провеса провода.

Задаваясь различными значениями l, начиная с $l=l_0$, и далее меньшими: l_1, l_2, l_3 и т. д. (через интервалы примерно 0,1—0,3 $м$), определяют соответствующие значения T, по которым и строят кривую $T=f(\Delta l)$, причем $\Delta l_1=l_0-l_1$, $\Delta l_2=l_0-l_2$, $\Delta l_3=l_0-l_3$ и т. д. откладывают по оси абсцисс, а значения T — по оси ординат.

59. Отклонение гирлянды изоляторов на опоре n от разности тяжений в проводах в двух смежных пролетах $\Delta T_n=T_n-T_{n-1}$ определяется по формуле

$$\delta''_n = \lambda\frac{\Delta T_n}{\sqrt{\left(p+\frac{G}{2}\right)^2 + \Delta T_n^2}}, \qquad (22)$$

где λ — длина поддерживающей гирлянды изоляторов, $м$;
p — вес пролета провода, определяемый погонными нагрузками соответствующего расчетного режима при обрыве провода, $кг$;
G — вес гирлянды изоляторов, $кг$.

Прогиб той же промежуточной опоры от разности тяжений проводов определяется по формуле

$$\delta'_n = Km\Delta T_n, \qquad (23)$$

где K — коэффициент гибкости опоры, принимаемый:
а) для гибких деревянных опор с составной стойкой — 0,002—0,0025 $м/кГ$, а со стойкой из одного бревна — 0,001—0,0012 $м/кГ$;
б) для гибких железобетонных опор — 0,001 $м/кГ$ (для гибких металлических опор вычисляется по правилам строительной механики);

m — коэффициент распределения усилий между стойками опоры (в случае двухстоечных опор), показывающий, какая часть усилия от неуравновешенного тяжения при обрыве воспринимается каждой стойкой, и принимаемый:

а) при обрыве крайнего провода для опор без ветровых связей 1 и 0, для опор с ветровой связью — 0,75 и 0,25;

б) при обрыве среднего провода—0,5 и 0,5.

Суммарное отклонение точки подвеса провода будет равно $\delta_n = \delta'_n + \delta''_n$, или в общем виде:

$$\delta = \lambda \frac{\Delta T}{\sqrt{\left(p + \frac{G}{2}\right)^2 + \Delta T^2}} + Km\Delta T. \qquad (24)$$

По этому уравнению строится кривая II. $\delta = f(\Delta T)$.

Путем подстановки в это уравнение значений ΔT находят соответствующее значение δ; первые откладываются по оси ординат, вторые — по оси абсцисс.

Значения ΔT принимаются через равные интервалы, примерно от 0 до 60—70% величины $T_0 = \sigma_0 S$.

При опорах жесткого типа уравнение (24) упрощается, так как вторая составляющая его ($Km\Delta T$) становится равной нулю.

Построение обеих кривых следует обязательно вести в одном масштабе.

60. Для определения редуцированного тяжения на чертеже с нанесенными кривыми $T = f(\Delta l)$ и $\delta = f(\Delta T)$ строятся кривые двух видов (рис. 12). Первые из них обозначены *1а*, *2а*, *3а* и т. д., а вторые *1в*, *2в*, *3в* и т. д. и строятся по точкам a_1, a_2, a_3 и т. д. и $в_1$, $в_2$, $в_3$ и т. д.

Ниже даются некоторые пояснения о порядке построения этих кривых.

Точка пересечения кривых $T = f(\Delta l)$ и $\delta = f(\Delta T)$ A_1 переносится на ось ординат (точка A — полюс). Полюс A — вершина вспомогательных кривых *1а* и *1в*.

Для построения кривой *1а* из произвольных точек оси ординат *1*, *2*, *3* и т. д. откладываются отрезки $1—a_1 = 1a—1'$, $2—a_2 = 2a—2'$, $3—a_3 = 3a—3'$ и т. д. и соединяются точки A, a_1, a_2, a_3 и т. д.

Для построения кривой *1в* из произвольных точек кривой *1а* откладываются отрезки y_1, y_2, y_3 и т. д., соответствующие ординатам кривой $\delta = f(\Delta T)$; соединение полюса A с этими точками дает кривую *1в*.

Далее на оси ординат находится положение полюса B методом перенесения параллельно оси абсцисс точки $в$ — пересечения кривой $T = f(\Delta l)$ со вспомогательной кривой *1в*.

Полюс B в свою очередь — вершина вспомогательных кривых *2а* и *2в*.

Для построения кривой *2а* из точек оси ординат *4*, *5* и т. д. откладываются отрезки $4—a_4 = 4a—4'$, $5—a_5 = 5a—5'$ и т. д. и соединяются точки B, a_4, a_5 и т. д.

Кривая *2в* строится аналогично кривой *1в*.

Дальнейшая процедура построения сводится к последовательному нахождению положения на оси ординат полюсов C, D, E и т д. и построению вспомогательных кривых *3а*, *3в*, *4а*, *4в* и т. д. Для построения каждой вспомогательной кривой следует брать 4—5 промежуточных точек.

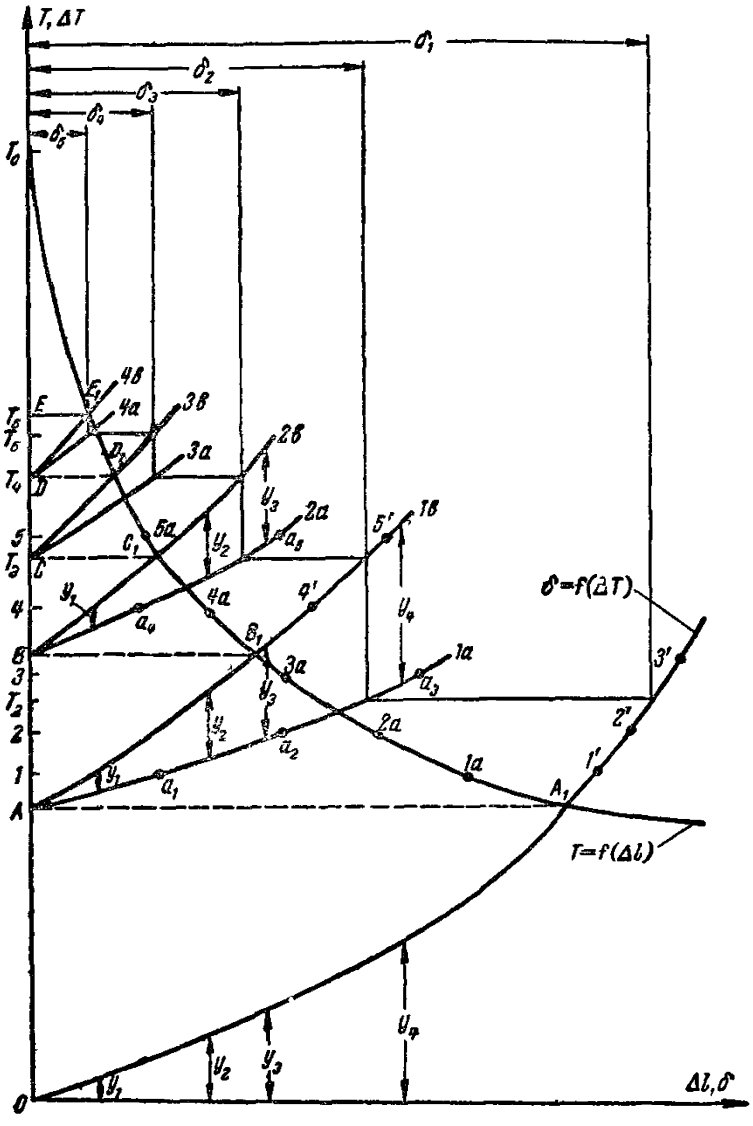


Рис. 12. Графический способ определения тяжения по проводу после его обрыва.

Имея все основные и вспомогательные кривые, нетрудно определить величину редуцированного тяжения провода T_2 в пролете *2*, что является конечной целью всего расчета (рис. 11 и 12). Для этого начиная от полюса E до основной кривой $\delta=f(\Delta T)$ строится ступенчатая линия.

Ордината точки пересечения последней ступени с кривой $\delta=f(\Delta T)$ будет представлять в выбранном для построения масштабе искомое значение редуцированного тяжения T_2.

Кроме нахождения редуцированного тяжения T_2 в пролете *2*, на базе этого построения можно непосредственно определить тяжение провода во всех остальных пролетах, а также отклонения точек подвеса провода на всех промежуточных опорах, входящих в состав данного анкерованного участка Например, ординаты T_3, T_4, T_5 и T_6 дают величину тяжений в пролетах *3*, *4*, *5* и *6*.

Абсциссы δ_1, δ_2, δ_3, δ_4, δ_5 представляют отклонения точек подвеса провода на промежуточных опорах *1*, *2*, *3*, *4* и *5*.

Общее число вспомогательных кривых при n пролетах в анкерованном участке равно $2n—4$. Учитывая, что явление обрыва провода оказывает практически заметное влияние только на 5—6 промежуточных опор, ближайших к месту обрыва, при расчете общее число вспомогательных кривых следует принимать, как правило, 6—8.

61. Решение всех уравнений при определении редуцированного тяжения рекомендуется выполнять в табличной форме, что значительно упрощает все вычислительные операции.

Выполнение графической части расчета весьма удобно вести на миллиметровой бумаге Масштаб построения рекомендуется брать таким, чтобы все построение укладывалось на одной форматке, что вполне обеспечивает необходимую точность расчета.

Таблица 14

Значения наибольшей приведенной нагрузки $\gamma_г$, $Г/м \cdot мм^2$, для ВЛ напряжением до 35 кв

Сечение провода, $мм^2$	$b = 0{,}5$ см					$b = 1{,}0$ см					$b=1{,}5$ см		$b=2{,}0$ см	
	$q_н$					$q_н$					$q_н$		$q_н$	
	27	35	45	55	70	27	35	45	55	70	27—55	70	27—55	70
Сталеалюминиевые провода марки АС														
16	13,69	14,85	16,55	18,5	21,62	30,25	31,7	34,0	36,5	41,0	61,85	66,8	94,5	99,7
25	10,88	11,64	12,79	14,09	16,26	22,6	23,6	25,05	26,8	29,75	44,35	47,7	66,8	70,5
35	8,59	9,05	9,75	10,56	*12,2*	16,42	17,0	17,9	18,95	20,8	30,8	32,4	44,9	47,1
50	7,67	8,02	8,54	9,15	*10,8*	13,97	14,4	15,08	15,95	17,3	25,0	26,5	36,3	38,0
70	6,76	6,99	7,36	*7,92*	*9,3*	11,55	11,85	12,3	12,87	13,85	19,65	20,7	28,05	29,2
95	6,06	6,23	6,48	*6,94*	*8,08*	9,75	9,95	10,27	10,65	11,35	15,78	16,5	22,05	22,85
120	5,83	5,96	6,17	*6,54*	*7,56*	9,02	9,18	9,44	9,75	10,3	14,05	14,65	19,3	19,95
150	5,49	5,58	5,74	*5,99*	*6,84*	8,12	8,25	8,44	8,68	9,1	12,2	12,65	16,45	16,95
185	5,26	5,35	5,45	*5,64*	*6,38*	7,53	7,62	7,77	7,96	8,3	10,93	11,3	14,51	14,95
Сталеалюминиевые провода марки АСУ														
120	5,94	6,06	6,25	*6,55*	*7,51*	9,01	9,15	9,4	9,69	10,23	13,85	14,45	18,95	**19,55**
150	5,62	5,71	5,86	*6,07*	*6,88*	8,2	8,32	8,5	8,72	9,01	12,15	12,6	16,3	16,8
185	5,36	5,43	5,54	5,68	*6,36*	7,54	7,62	7,76	7,93	8,26	10,79	11,12	14,2	14,6

Продолжение табл. 14

Сечение провода, *мм²*	$b = 0{,}5$ *см*					$b = 1{,}0$ *см*					$b = 1{,}5$ *см*		$b = 2{,}0$ *см*	
	$q_н$					$q_н$					$q_н$		$q_н$	
	27	35	45	55	70	27	35	45	55	70	27—55	70	27—55	70
Алюминиевые провода марки А														
25	11,22	11,6	12,9	14,35	16,74	23,2	24,25	25,9	27,8	31,1	46,6	50,2	70,5	74,4
35	8,89	9,51	10,45	11,5	*13,35*	18,3	19,05	20,25	21,6	24,0	35,5	38,1	53,3	56,0
50	7,43	7,86	8,5	*9,42*	*11,25*	14,4	14,94	15,73	16,7	18,34	26,75	28,55	39,5	41,4
70	6,43	6,73	*7,36*	*8,14*	*9,68*	11,74	12,1	12,68	13,35	14,54	20,9	22,2	30,4	31,7
95	5,72	5,95	*6,47*	*7,12*	*8,44*	9,94	10,22	10,62	11,12	12,0	17,0	17,95	24,25	25,25
120	5,32	5,49	*5,96*	*6,54*	*7,7*	8,86	9,07	9,4	9,8	10,5	14,7	15,45	20,7	21,5
150	4,94	5,07	*5,46*	*5,97*	*6,98*	7,91	8,08	8,34	8,64	9,2	12,7	13,27	17,6	18,25
185	4,65	4,75	*5,04*	*5,48*	*5,92*	7,2	7,32	7,5	7,77	8,22	11,2	11,65	15,25	15,8
Стальные провода марки ПС														
25	15,78	16,42	17,4	18,58	20,59	28,7	29,6	31,0	32,65	35,6	52,0	55,4	76,6	80,2
35	13,45	13,89	14,4	15,1	16,35	22,35	22,9	23,8	24,85	26,7	38,0	41,0	54,6	57,0
50	12,43	12,7	13,1	13,62	14,52	19,45	19,85	20,45	21,2	22,5	31,5	33,0	44,3	46,0
70	11,17	11,32	11,55	11,85	12,35	16,02	16,23	16,6	17,0	17,8	23,9	24,82	32,5	33,5
95	10,8	10,93	11,11	11,34	11,76	15,01	15,2	15,48	15,84	16,45	21,85	22,55	29,2	30,0

Цифры, напечатанные курсивом, — нагрузки при наибольшем скоростном напоре ветра.

Таблица 15

Значения уровня наибольшей нагрузки g_r для ВЛ напряжением до 35 *кв*

Сечение провода, *мм²*	$b = 0{,}5$ *см*					$b = 1{,}0$ *см*					$b = 1{,}5$ *см*		$b = 2{,}0$ *см*	
	$q_н$					$q_н$					$q_н$		$q_н$	
	27	35	45	55	70	27	35	45	55	70	27—55	70	27—55	70
Сталеалюминиевые провода марки АС														
16	3,48	4,28	4,77	5,33	6,23	8,72	9,14	9,8	10,52	11,8	17,81	19,25	27,2	28,7
25	3,13	3,35	3,68	4,06	4,69	6,51	6,8	7,22	7,72	8,58	12,77	13,75	19,25	20,3
35	2,47	2,61	2,81	3,05	*3,52*	4,73	4,9	5,16	5,46	6,0	8,88	9,34	12,93	13,56
50	2,21	2,31	2,46	2,64	*3,11*	4,03	4,15	4,35	4,6	4,98	7,2	7,64	10,46	10,95
70	1,95	2,02	2,12	*2,28*	*2,68*	3,33	3,42	3,54	3,71	3,99	5,66	5,96	8,08	8,42
95	1,75	1,80	1,86	*2,0*	*2,33*	2,81	2,87	2,96	3,07	3,27	4,55	4,75	6,36	6,58
120	1,62	1,68	1,74	*1,84*	*2,13*	2,53	2,58	2,65	2,74	2,9	3,95	4,12	5,42	5,61
150	1,54	1,57	1,61	*1,69*	*1,92*	2,28	2,32	2,37	2,44	2,56	3,43	3,56	4,62	4,76
185	1,48	1,51	1,53	*1,59*	*1,79*	2,12	2,14	2,18	2,24	2,33	3,07	3,18	4,08	4,2
Сталеалюминиевые провода марки АСУ														
120	1,59	1,63	1,68	*1,76*	*2,01*	2,42	2,45	2,52	2,6	2,74	3,71	3,88	5,08	5,24
150	1,51	1,53	1,57	*1,63*	*1,85*	2,2	2,23	2,28	2,34	2,41	3,26	3,38	4,37	4,5
185	1,44	1,46	1,49	1,52	*1,71*	2,02	2,04	2,08	2,13	2,22	2,89	2,98	3,81	3,91

Продолжение табл. 15

Сечение провода, *мм²*	$b = 0{,}5$ *см*					$b = 1{,}0$ *см*					$b = 1{,}5$ *см*		$b = 2{,}0$ *см*	
	$q_н$					$q_н$					$q_н$		$q_н$	
	27	35	45	55	70	27	35	45	55	70	27—55	70	27—55	70
Алюминиевые провода марки А														
25	4,08	4,22	4,69	5,22	6,08	8,43	8,82	9,42	10,1	11,3	16,95	18,25	25,64	27,05
35	3,23	3,46	3,8	4,18	*4,85*	6,58	6,92	7,36	7,86	8,73	12,9	13,85	19,4	20,37
50	2,7	2,86	3,09	*3,42*	*4,09*	5,24	5,43	5,72	6,07	6,66	9,72	10,38	14,37	15,06
70	2,34	2,45	*2,68*	*2,96*	*3,52*	4,27	4,4	4,61	4,85	5,28	7,6	8,07	11,05	11,52
95	2,08	2,16	*2,35*	*2,59*	*3,07*	3,61	3,72	3,86	4,05	4,36	6,18	6,53	8,82	9,18
120	1,94	2,0	*2,17*	*2,38*	*2,8*	3,22	3,3	3,42	3,56	3,82	5,34	5,62	7,53	7,82
150	1,8	1,84	*1,99*	*2,17*	*2,54*	2,88	2,94	3,03	3,14	3,35	4,62	4,82	6,4	6,64
185	1,69	1,73	*1,83*	*1,99*	*2,15*	2,62	2,66	2,74	2,83	2,99	4,07	4,24	5,54	5,74
Стальные провода марки ПС														
25	1,97	2,05	2,18	2,32	2,57	3,59	3,7	3,87	4,08	4,45	6,5	6,68	9,58	10,02
35	1,68	1,73	1,8	1,89	2,04	2,79	2,86	2,97	3,11	3,34	4,75	5,13	6,82	7,13
50	1,55	1,59	1,64	1,7	1,82	2,43	2,48	2,56	2,65	2,81	3,94	4,13	5,54	5,75
70	1,4	1,42	1,44	1,48	1,55	2,0	2,03	2,08	2,13	2,23	2,99	3,1	4,06	4,19
95	1,35	1,37	1,39	1,42	1,47	1,88	1,9	1,94	1,98	2,06	2,73	2,82	3,65	3,75

Цифры, напечатанные курсивом, — нагрузки при наибольшем скоростном напоре ветра.

Таблица 16

Значения наибольшей приведенной нагрузки $\gamma_г$, Г/м·мм², для ВЛ напряжением 110—330 кв

Сечение провода, мм²	$b = 0{,}5$ см				$b = 1{,}0$ см				$b = 1{,}5$ см			$b = 2{,}0$ см		
	$q_н$				$q_н$				$q_н$			$q_н$		
	40	50	65	80	40	50	65	80	40—50	65	80	40—50	65	80
Сталеалюминиевые провода марки АС														
70	7,16	*7,56*	*8,84*	*10,27*	12,07	12,6	13,5	14,6	19,65	20,3	21,6	28,1	28,8	30,2
95	6,35	*6,68*	*7,96*	*8,86*	10,1	10,45	11,1	11,86	15,73	16,2	17,1	22,0	22,5	23,5
120	6,06	*6,32*	*7,14*	*8,26*	9,28	9,56	10,1	10,7	14,05	14,4	15,14	19,32	19,72	20,5
150	5,65	5,82	*6,55*	*7,45*	8,33	8,55	8,94	9,42	12,2	12,5	13,05	16,45	16,77	17,4
185	5,38	5,51	*6,12*	*6,92*	7,67	7,86	8,17	8,56	10,93	11,15	11,6	14,52	14,8	15,25
Сталеалюминиевые провода марки АСО														
240	4,95	5,06	*5,3*	*5,92*	6,88	7,02	7,26	7,57	9,57	9,76	10,1	12,53	12,73	13,1
300	4,77	4,87	*5,03*	*5,56*	6,47	6,58	6,78	7,03	8,79	8,93	9,22	11,36	11,5	11,83
400	4,54	4,6	4,72	*5,1*	5,92	6,0	6,14	6,32	7,74	7,85	8,05	9,78	9,88	10,1
500	4,4	4,45	4,55	*4,83*	5,6	5,66	5,78	5,92	7,18	7,26	7,42	8,9	8,99	9,18
Сталеалюминиевые провода марки АСУ														
120	6,15	6,35	*7,19*	*8,2*	9,26	9,53	10,03	10,6	13,85	14,2	14,9	18,95	19,31	20,1
150	5,78	5,94	*6,6*	*7,48*	8,38	8,59	8,96	9,43	12,15	12,44	12,96	16,33	16,62	17,2
185	5,48	5,6	*6,13*	*6,88*	7,7	7,84	8,14	8,5	10,8	11,0	11,42	14,22	14,45	14,91
240	5,2	5,29	5,46	*5,95*	7,02	7,14	7,36	7,63	9,52	9,68	10,0	12,3	12,47	12,81
300	5,02	5,09	5,23	*5,62*	6,58	6,68	6,84	7,06	8,7	8,83	9,07	11,05	11,2	11,45
400	4,7	4,85	4,95	*5,21*	6,09	6,15	6,28	6,42	7,79	7,87	8,05	9,63	9,73	9,93

Цифры, напечатанные курсивом, — нагрузки при наибольшем скоростном напоре ветра.

Таблица 17

Значения уровня наибольшей нагрузки $g_г$ для ВЛ напряжением 110—330 *кв*

Сечение провода, *мм²*	*b*=0,5 *см*				*b*=1,0 *см*				*b*=1,5 *см*			*b*=2,0 *см*		
	$q_н$				$q_н$				$q_н$			$q_н$		
	40	50	65	80	40	50	65	80	40—50	65	80	40—50	65	80
Сталеалюминиевые провода марки АС														
70	2,07	*2,18*	*2,55*	*2,96*	3,48	3,63	3,9	4,21	5,66	5,86	6,22	8,1	8,3	8,71
95	1,83	*1,93*	*2,22*	*2,56*	2,91	3,01	3,2	3,42	4,53	4,67	4,93	6,34	6,5	6,78
120	1,7	*1,78*	*2,01*	*2,32*	2,61	2,69	2,83	3,01	3,94	4,05	4,25	5,42	5,54	5,76
150	1,59	1,64	*1,84*	*2,09*	2,34	2,4	2,51	2,65	3,43	3,51	3,66	4,62	4,71	4,88
185	1,51	1,55	*1,72*	*1,95*	2,11	2,21	2,29	2,4	3,07	3,14	3,26	4,08	4,15	4,29
Сталеалюминиевые провода марки АСО														
240	1,46	1,49	*1,57*	*1,75*	2,03	2,07	2,14	2,23	2,82	2,88	2,98	3,7	3,75	3,87
300	1,41	1,44	*1,49*	*1,64*	1,91	1,94	2,0	2,07	2,59	2,64	2,72	3,35	3,4	3,5
400	1,34	1,36	1,39	*1,51*	1,75	1,77	1,81	1,87	2,28	2,32	2,37	2,88	2,92	2,98
500	1,3	1,31	1,34	*1,43*	1,65	1,67	1,7	1,75	2,12	2,14	2,19	2,62	2,65	2,71
Сталеалюминиевые провода марки АСУ														
120	1,65	1,71	*1,93*	*2,2*	2,48	2,56	2,69	2,85	3,72	3,81	4,0	5,08	5,18	5,39
150	1,55	1,6	*1,77*	*2,01*	2,25	2,31	2,4	2,53	3,26	3,34	3,48	4,38	4,46	4,62
185	1,47	1,5	*1,64*	*1,85*	2,06	2,1	2,18	2,28	2,9	2,95	3,06	3,82	3,87	4,0
240	1,4	1,42	1,44	*1,6*	1,88	1,92	1,98	2,05	2,56	2,6	2,68	3,3	3,36	3,44
300	1,35	1,37	1,4	*1,51*	1,76	1,79	1,89	1,89	2,34	2,37	2,43	2,97	3,0	3,07
400	1,26	1,3	1,33	*1,4*	1,63	1,65	1,68	1,72	2,09	2,11	2,16	2,58	2,61	2,67

Цифры, напечатанные курсивом, — нагрузки при наибольшем скоростном напоре ветра.

Таблица 18

Значения наибольшей приведенной нагрузки $\gamma_г$, $Г/м \cdot мм^2$, для ВЛ напряжением 500 кв

Сечение провода, $мм^2$	b=1,0 см			b=1,5 см			b=2,0 см		
	$q_н$			$q_н$			$q_н$		
	55	70	85	55	70	85	55	70	85
Сталеалюминиевые провода марки АСО									
300	6,64	6,86	7,12	8,8	9,03	9,34	11,35	11,62	11,95
400	6,04	6,19	6,38	7,74	7,92	8,14	9,78	9,97	10,2
500	5,7	5,82	5,97	7,18	7,31	7,48	8,9	9,05	9,24
600	5,43	5,54	5,66	6,73	6,84	6,98	8,23	8,35	8,5
700	5,2	5,28	5,38	6,29	6,38	6,5	7,56	7,66	7,78
Сталеалюминиевые провода марки АСУ									
300	6,73	6,91	7,13	8,71	8,91	9,17	11,06	11,3	11,55
400	6,18	6,32	6,48	7,79	7,92	8,11	9,63	9,78	10,0

Таблица 19

Значения уровня наибольшей нагрузки $g_г$ для ВЛ напряжением 500 кв

Сечение провода, $мм^2$	b=1,0 см			b=1,5 см			b=2,0 см		
	$q_н$			$q_н$			$q_н$		
	55	70	85	55	70	85	55	70	85
Сталеалюминиевые провода марки АСО									
300	1,96	2,02	2,1	2,59	2,66	2,75	3,35	3,43	3,52
400	1,78	1,83	1,88	2,28	2,34	2,4	2,88	2,94	3,02
500	1,68	1,72	1,76	2,12	2,16	2,21	2,63	2,67	2,73
600	1,6	1,63	1,67	1,99	2,02	2,06	2,43	2,46	2,51
700	1,53	1,56	1,59	1,86	1,88	1,91	2,23	2,26	2,29
Сталеалюминиевые провода марки АСУ									
300	1,81	1,86	1,91	2,34	2,39	2,46	2,97	3,03	3,1
400	1,66	1,7	1,74	2,09	2,13	2,18	2,58	2,63	2,68

Таблица 20

Значения уровня критической нагрузки $g_к$

Марка и сечение провода, *мм*²	При $\Delta t_{э-}$=35° С						При $\Delta t_{э-}$=40° С					При $\Delta t_{э-}$=45° С			
	при $\Delta t_{г-}$, °С						при $\Delta t_{г-}$, °С					при $\Delta t_{г-}$, °С			
	15	20	25	30	35	40	20	25	30	35	40	25	30	35	40
АС-16—АС-95	1,85	1,96	2,1	2,21	2,32	2,42	1,82	1,92	2,01	2,1	2,18	1,79	1,82	1,95	2,02
АС-120—АС-400	2,02	2,16	2,29	2,42	2,54	2,65	1,94	2,04	2,14	2,24	2,33	1,88	1,97	2,05	2,13
АСО	1,96	2,09	2,22	2,34	2,45	2,55	1,92	2,0	2,09	2,19	2,28	1,85	1,94	2,02	2,09
АСУ	2,09	2,24	2,38	2,51	2,63	2,75	1,98	2,09	2,2	2,3	2,39	1,92	2,0	2,09	2,17
А-25—А-35	1,76	1,94	2,11	2,27	2,42	2,55	1,73	1,87	1,99	2,12	2,23	1,72	1,83	1,94	2,03
А-50—А-185	1,7	1,88	2,03	2,18	2,3	2,45	1,69	1,82	1,94	2,06	2,28	1,69	1,79	1,89	1,98
ПС-25—ПС-70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,63	2,85	3,05	3,23
ПС-95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,75	5,18	5,58	5,95

Таблица 21

Значения первого критического пролета $l_{1к}$, *м* в зависимости от $\Delta t_{э-} = t_э - t_-$

Марка и сечение провода, *мм*²	Длина первого критического пролета $l_{1к}$, *м* при $\Delta t_{э-} = t_э - t_-$, °С		
	35	40	45
АС-16—АС-95	210	241	268
АС-120—АС-400	214	251	284
АСО	222	258	289
АСУ	206	245	279
А-25—А-35*	184 (232)	217 (270)	245 (304)
А-50—А-185*	181 (222)	211 (257)	237 (288)
ПС-25—ПС-70	Мнимые величины		142
ПС-95			80

* См. сноску на стр. 23.

Таблица 22

Значения второго и третьего критических пролетов для ВЛ напряжением до 35 *кв*[1]

1. ВЛ до 35 *кв*; $b = 0{,}5$ *см*, $q_н = 27$ *кГ/м*²

Сечение провода, *мм*²	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16	82	90	98	105	112	118
25	106	117	127	136	145	154
35	140	155	169	181	193	204
50	163	180	196	210	224	237
70	195	216	235	252	268	283
95—185	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—185	—	—	—	—	—	—
Алюминиевые провода марки А						
25	67	77	86	95	102	109
35	86	99	111	122	132	140
50	99	114	127	140	151	161
70	118	136	152	166	180	192
95	136	157	175	192	208	222
120	150	173	193	212	229	—
150	166	192	214	235	—	—
185	—	—	234	—	—	—
Стальные провода марки ПС						
25—95	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 22

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г\,э}$, °С					
	−20	−15	−10	−5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16—35	—	—	—	—	—	—
50	—	—	—	—	233	254
70	—	221	266	305	339	370
95	333	450	×	×	×	×
120—185	×	×	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—185	×	×	×	×	×	×
Алюминиевые провода марки А						
25—50	—	—	—	—	—	—
70*	—	—	—	—	—	198(108)
95*	—	—	—	206 (74)	235(103)	262(126)
120	—	—	216	263	301	335
150	—	232	317	385	440	490
185	208	×	×	×	×	×
Стальные провода марки ПС						
25	231	257	282	304	325	344
35	359	400	438	475	×	×
50—95	×	×	×	×	×	×

[1] В таблицах для $l_{2к}$ значок „—" означает, что для этих перепадов температур второй критический пролет является фиктивным (см. рис. 8).

В таблицах для $l_{3к}$ значок „—" означает, что для этих перепадов температур третий критический пролет является фиктивным (см. рис. 8).

В таблицах для $l_{3к}$ значок „×" означает, что длина третьего критического пролета больше 500 *м*.

* См. сноску на стр. 23

2. ВЛ до 35 *кв*; $b = 0{,}5$ *см*; $q_н = 35$ *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16	75	83	90	97	103	109
25	98	108	117	126	134	142
35	131	145	158	170	181	191

Продолжение табл. 22

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
50	154	170	185	198	210	223
70	185	205	223	239	255	268
95	—	—	267	—	—	—
120—185	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—185	—	—	—	—	—	—
Алюминиевые провода марки А						
25	65	75	83	91	99	105
35	80	92	103	113	122	131
50	93	107	119	131	141	151
70	111	128	143	157	169	181
95	129	150	167	183	198	211
120	144	166	186	203	220	235
150	160	285	206	226	—	—
185	176	204	227	—	—	—
Стальные провода марки ПС						
25—95	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16—35	—	—	—	—	—	—
50	—	—	—	—	210	228
70	—	—	234	268	298	325
95	256	346	417	477	×	×
120—185	×	×	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—185	×	×	×	×	×	×
Алюминиевые провода марки А						
25—70	—	—	—	—	—	—
95	—	—	—	—	211 (97)	235(118)
120	—	—	193	234	268	298
150	—	197	269	326	373	216
185	—	353	482	×	×	×
Стальные провода марки ПС						
25	212	236	259	279	298	316
35	323	360	394	427	454	480
50	447	498	×	×	×	×
70—95	×	×	×	×	×	×

3. ВЛ до 35 *кв*; b=0,5 *см*; $q_н$=45 *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16	67	74	80	86	92	97
25	88	97	106	114	121	128
35	121	134	145	156	166	176
50	141	156	170	182	194	205
70	172	191	207	223	237	250
95	209	231	251	—	—	—
120—185	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—185	—	—	—	—	—	—
Алюминиевые провода марки А						
25	58	67	75	82	88	94
35	72	83	93	102	110	118
50	85	98	110	120	130	139
70	100	116	129	142	153	163
95	116	135	150	165	178	190
120	129	149	166	182	197	210
150	145	167	187	205	221	236
185	162	187	208	229	—	—
Стальные провода марки ПС						
25—95	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16—50	—	—	—	—	—	—
70	—	—	—	230	257	280
95	—	272	325	371	412	449
120—185	×	×	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—185	×	×	×	×	×	×
Алюминиевые провода марки А						
25—70	—	—	—	—	—	—
95	—	—	—	—	—	196 (108)
120	—	—	—	185	212	236
150	—	—	196	238	272	303
185	—	205	279	339	388	432
Стальные провода марки ПС						
25	200	222	243	262	280	297
35	287	319	349	378	402	425
50	388	433	474	×	×	×
70—95	×	×	×	×	×	×

Продолжение табл 22

4. ВЛ до 35 *кв*; b=0,5 *см*; $q_н$=55 *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16	59	65	71	76	81	86
25	79	87	95	102	109	115
35	109	121	132	141	150	159
50	130	143	156	167	178	188
70	156	173	188	202	215	227
95	187	208	226	242	258	—
120—185	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—185	—	—	—	—	—	—
Алюминиевые провода марки А						
25	52	60	67	73	79	84
35	65	75	84	92	100	106
50	76	87	98	107	115	123
70	89	103	115	126	136	146
95	104	120	134	147	159	170
120	115	133	148	163	176	188
150	129	149	166	182	197	210
185	144	166	186	203	220	235
Стальные провода марки ПС						
25—95	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16—50	—	—	—	—	—	—
70	—	—	—	—	217	236
95	—	—	246	281	313	342
120	321	388	445	495	×	×
150—185	×	×	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—185	×	×	×	×	×	×
Алюминиевые провода марки А						
25—95	—	—	—	—	—	—
120	—	—	—	—	—	192
150	—	—	—	184	211	235
185	—	—	193	235	269	299
Стальные провода марки ПС						
25	171	191	203	225	240	255
35	253	282	309	335	355	377
50	340	379	415	449	477	×
70—95	×	×	×	×	×	×

5. ВЛ до 35 *кв*; b=0,5 *см*; $q_н$=70 *кГ/м²*

Сечение провода *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16	50	56	61	65	69	73
25	68	75	82	88	93	99
35	93	103	112	120	128	135
50	106	118	128	137	146	154
70	127	140	153	164	175	185
95	152	168	183	196	209	220
120	200	220	238	255	271	—
150	—	—	274	—	—	—
185	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	—	239	259	277	—	—
150—185	—	—	—	—	—	—
Алюминиевые провода марки А						
25	44	51	57	62	67	72
35	56	64	72	79	85	91
50	62	72	81	88	96	102
70	73	85	95	104	112	120
95	85	99	110	121	131	140
120	95	110	123	135	145	155
150	106	123	137	150	162	173
185	130	150	168	184	198	212
Стальные провода марки ПС						
25—95	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г\,э}$, °С					
	−20	−15	−10	−5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16—70	—	—	—	—	—	—
95	—	—	—	—	—	225
120	—	224	257	286	313	338
150	256	309	355	395	431	466
185	379	458	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	232	275	313	345	375	403
150	338	400	456	×	×	×
185	×	×	×	×	×	×
Алюминиевые провода марки А						
25—150	—	—	—	—	—	—
185	—	—	—	188	215	239

Продолжение табл. 22

Сечение провода, мм²	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, м, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	−20	−15	−10	−5	0	+5
Стальные провода марки ПС						
25	147	153	179	193	205	218
35	215	240	262	285	302	320
50	282	315	344	373	396	420
70—95	×	×	×	×	×	×

6. ВЛ до 35 *кв*; b=1,0 *см*; $q_п$=27 *кГ/м²*

Сечение провода, мм²	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, м, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16	36	39	43	46	49	52
25	48	53	58	62	66	70
35	67	74	81	87	92	98
50	80	88	96	103	110	116
70	98	109	119	127	136	143
95	120	133	144	155	165	175
120	158	174	188	201	214	226
150	181	199	215	231	246	259
185	201	220	239	256	272	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	170	186	201	215	229	241
150	192	211	228	244	260	273
185	—	237	257	275	—	—
Алюминиевые провода марки А						
25	32	37	41	45	48	52
35	40	47	52	57	62	66
50	44	56	62	68	74	79
70	60	69	77	85	91	98
95	71	82	92	101	109	116
120	79	92	102	112	121	129
150	92	106	118	130	140	150
185	102	119	132	145	157	167
Стальные провода марки ПС						
25	—	—	100	110	119	129
35—95	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, мм²	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, м, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	−20	−15	−10	−5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16—95	—	—	—	—	—	—
120	—	—	—	—	—	230
150	—	—	216	241	263	284
185	—	226	259	289	315	340

Продолжение табл. 22

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	−20	−15	−10	−5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	—	—	—	221	240	257
150	—	215	244	270	293	316
185	228	271	308	340	369	397
Алюминиевые провода марки А						
25—185	—	—	—	—	—	—
Стальные провода марки ПС						
25	95	106	116	125	133	141
35	130	145	159	172	183	193
50	161	179	196	213	226	240
70	223	249	272	295	314	332
95	293	320	347	371	395	417

7. ВЛ до 35 *кв*; b=1,0 *см*; $q_н$=35 *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16	34	38	41	44	47	49
25	46	51	55	59	63	67
35	65	72	78	84	89	94
50	77	86	93	100	107	113
70	96	106	115	124	132	139
95	117	130	141	151	161	170
120	155	170	184	197	210	221
150	177	195	211	226	240	253
185	197	217	235	251	267	282
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	167	183	198	212	225	237
150	189	207	224	240	255	268
185	—	234	253	271	—	—
Алюминиевые провода марки А						
25	30	35	39	43	46	49
35	39	45	50	55	59	63
50	46	54	60	66	71	76
70	58	67	75	82	89	95
95	69	80	89	98	106	113
120	79	91	102	111	120	129
150	90	104	115	127	137	146
185	100	116	130	142	153	164
Стальные провода марки ПС						
25	—	—	97	106	115	122
35	—	—	128	142	—	—
50—95	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 22

Сечение провода *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{зк}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	−20	−15	−10	−5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16—95	—	—	—	—	—	—
120	—	—	—	—	—	224
150	—	—	—	233	254	274
185	—	219	251	280	306	330
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	—	—	—	215	233	250
150	—	208	237	261	284	305
185	221	263	299	330	358	385
Алюминиевые провода марки А						
25—185	—	—	—	—	—	—
Стальные провода марки ПС						
25	92	102	112	121	129	136
35	126	142	153	166	177	187
50	154	172	188	204	217	230
70	217	242	265	287	305	322
95	286	313	339	362	386	407

8. ВЛ до 35 *кв*; b=1,0 *см*; $q_н$=45 *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16	32	35	38	41	44	46
25	43	48	52	56	59	63
35	61	68	74	79	84	89
50	74	81	89	95	101	107
70	92	102	111	119	127	134
95	113	125	136	146	155	164
120	149	164	178	190	202	213
150	172	189	205	219	233	246
185	192	211	229	245	260	274
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	161	177	191	205	218	229
150	183	201	217	233	247	260
185	—	228	247	264	—	—
Алюминиевые провода марки А						
25	28	33	37	40	43	46
35	36	42	47	51	55	59
50	44	51	57	62	67	72
70	55	64	71	78	84	90
95	67	77	86	94	102	109

Продолжение табл. 22

Сечение провода *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
120	76	88	98	107	116	124
150	87	100	112	123	133	142
185	97	113	125	138	149	159
Стальные провода марки ПС						
25	—	—	91	100	108	117
35	—	—	123	135	—	—
50—95	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	−20	−15	−10	−5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16—120	—	—	—	—	—	—
150	—	—	—	222	242	261
185	—	—	239	267	291	314
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	—	—	—	—	221	238
150	—	—	225	248	270	290
185	209	248	283	312	339	364
Алюминиевые провода марки А						
25—185	—	—	—	—	—	—
Стальные провода марки ПС						
25	87	97	106	114	122	129
35	120	134	147	159	169	179
50	147	164	180	195	207	219
70	201	225	246	266	283	300
95	275	300	325	347	370	390

9. ВЛ до 35 *кв*; b=1,0 *см*; $q_н$=55 *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16	30	33	36	38	41	43
25	40	45	49	52	56	59
35	58	64	69	75	79	84
50	69	77	83	89	95	101
70	87	97	105	113	120	127
95	108	120	130	140	149	157
120	144	158	171	183	195	205
150	166	182	197	211	225	237
185	186	204	221	237	252	266

Продолжение табл. 22

Сечение провода, мм²	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, м, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	155	170	183	197	209	220
150	177	194	210	225	239	252
185	201	221	239	252	272	—
Алюминиевые провода марки А						
25	26	30	34	37	40	43
35	34	39	44	48	52	55
50	41	48	54	59	63	68
70	52	60	67	74	80	85
95	63	73	82	90	97	103
120	73	84	94	103	111	118
150	83	96	107	118	127	136
185	90	108	121	132	143	153
Стальные провода марки ПС						
25	—	—	87	95	103	110
35	—	—	117	129	—	—
50—95	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, мм²	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, м, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16—120	—	—	—	—	—	—
150	—	—	—	—	229	247
185	—	—	226	252	275	296
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	—	—	—	—	210	226
150	—	—	214	236	256	275
185	—	234	266	294	319	345
Алюминиевые провода марки А						
25—185	—	—	—	—	—	—
Стальные провода марки ПС						
25	82	91	100	108	115	122
35	114	127	142	150	160	169
50	140	156	171	185	197	208
70	195	218	238	258	275	291
95	262	286	310	332	352	372

10. ВЛ до 35 *кв*; $b = 1{,}0$ *см*; $q_н = 70$ *кГ/м*^{2}

Сечение провода, *мм*^{2}	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16	26	29	32	34	36	38
25	36	40	44	47	50	53
35	52	58	63	68	72	76
50	64	70	76	82	87	92
70	81	89	97	104	111	117
95	100	111	121	130	138	146
120	135	148	160	171	182	192
150	156	171	186	199	211	223
185	176	193	209	224	238	251
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	145	159	172	184	196	206
150	170	186	201	216	229	241
185	191	209	226	242	257	271
Алюминиевые провода марки А						
25	24	27	30	33	36	38
35	31	35	39	43	47	50
50	38	44	49	53	58	62
70	48	55	62	68	73	78
95	58	68	75	83	89	95
120	67	78	87	95	103	110
150	78	90	100	110	118	127
185	88	102	114	125	134	144
Стальные провода марки ПС						
25	—	—	80	87	94	100
35	—	—	109	119	129	—
50	—	—	131	142	—	—
70—95	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, *мм*^{2}	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	−20	−15	−10	−5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16—120	—	—	—	—	—	—
150	—	—	—	—	—	227
185	—	—	—	229	251	270
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	—	—	—	—	—	—
150	—	—	—	220	240	257
185	—	212	241	265	288	310

Продолжение табл. 22

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	−20	−15	−10	−5	0	+5
Алюминиевые провода марки А						
25—185	—	—	—	—	—	—
Стальные провода марки ПС						
25	74	83	90	98	104	110
35	104	116	127	142	146	155
50	129	142	158	171	181	192
70	158	177	193	210	223	236
95	243	265	287	307	327	345

11. ВЛ до 35 *кв*; $b = 1{,}5$ *см*; $q_н = 27 \div 55$ *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г—}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16	17	19	21	22	24	25
25	24	27	29	31	33	35
35	35	39	42	45	48	51
50	43	48	52	56	60	63
70	56	62	67	72	77	83
95	71	78	85	91	97	101
120	95	104	113	121	128	135
150	111	122	132	141	150	158
185	126	138	149	160	170	179
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	102	112	121	130	138	145
150	119	130	141	151	160	169
185	136	149	162	173	184	194
Алюминиевые провода марки А						
25	16	18	20	22	24	26
35	21	24	27	29	31	33
50	26	30	33	36	39	42
70	33	38	42	47	50	54
95	41	47	52	57	62	66
120	47	55	61	67	72	77
150	55	64	71	78	84	90
185	63	73	81	89	96	103

Продолжение табл. 22

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г—}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Стальные провода марки ПС						
25	—	—	54	59	64	68
35	—	—	74	81	88	94
50	—	—	90	99	107	114
70	—	—	112	134	—	—
95	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16—185	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—185	—	—	—	—	—	—
Алюминиевые провода марки А						
25—185	—	—	—	—	—	—
Стальные провода марки ПС						
25	49	55	60	65	69	74
35	69	77	84	91	97	103
50	85	95	104	113	120	127
70	119	133	145	157	167	177
95	157	172	186	199	212	223

12. ВЛ до 35 *кв*; $b = 1{,}5$ *см*; $q_н = 70$ *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г—}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16	16	18	19	21	22	23
25	23	25	27	29	31	33
35	33	37	40	43	46	48
50	41	45	49	53	56	59
70	53	58	63	68	72	77
95	67	74	80	87	92	97
120	90	100	108	115	123	129
150	106	117	126	135	144	152
185	121	132	143	154	163	172

Продолжение табл. 22

Сечение провода, мм²	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, м, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	98	107	116	124	132	139
150	114	125	135	145	154	162
185	131	144	156	167	177	187
Алюминиевые провода марки А						
25	15	17	19	21	22	24
35	19	22	25	27	29	31
50	24	28	31	34	37	39
70	31	36	40	44	47	51
95	38	45	50	54	59	63
120	45	52	58	64	69	73
150	53	61	68	74	80	86
185	60	70	78	85	92	98
Стальные провода марки ПС						
25	—	—	50	55	60	64
35	—	—	70	77	83	89
50	—	—	86	94	102	109
70	—	—	117	129	—	—
95	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, мм²	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, м, при $\Delta t_{г\ э}$, °С					
	−20	−15	−10	−5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16—185	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—185	—	—	—	—	—	—
Алюминиевые провода марки А						
25—185	—	—	—	—	—	—
Стальные провода марки ПС						
25	46	51	56	61	65	69
35	65	73	79	86	91	97
50	81	90	98	107	113	120
70	104	127	139	150	160	169
95	150	164	178	190	202	214

Продолжение табл 22

13. ВЛ до 35 *кв*; $b = 2{,}0$ *см*; $q_н = 27 - 55$ *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16	11	13	14	15	16	17
25	16	18	19	21	22	23
35	24	27	29	31	33	35
50	30	33	36	38	41	43
70	39	43	46	50	53	56
95	49	54	59	64	68	72
120	68	74	80	86	91	96
150	80	88	95	102	108	114
185	91	100	109	116	121	130
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	73	80	87	93	98	104
150	86	94	102	109	116	122
185	99	109	118	126	134	141
Алюминиевые провода марки А						
25	10	12	13	15	16	17
35	14	16	18	19	21	22
50	17	20	22	24	26	28
70	23	26	29	32	34	37
95	28	33	37	40	43	46
120	33	39	43	47	51	54
150	39	45	51	56	60	64
185	45	53	59	64	69	74
Стальные провода марки ПС						
25	—	—	35	39	42	47
35	—	—	51	56	61	65
50	—	—	63	69	75	80
70	—	—	87	96	105	110
95	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$ *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	−20	−15	−10	−5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16—185	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—185	—	—	—	—	—	—
Алюминиевые провода марки А						
25—185	—	—	—	—	—	—
Стальные провода марки ПС						
25	33	36	40	43	46	49
35	47	52	57	62	66	71
50	58	65	71	77	82	87
70	82	91	103	108	115	122
95	109	119	129	138	147	155

Продолжение табл 22

14. ВЛ до 35 *кв*; $b = 2{,}0$ *см* $q_н = 70$ *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16	11	12	13	14	15	16
25	15	17	18	20	21	22
35	23	25	27	29	31	33
50	28	31	34	37	39	41
70	37	41	44	48	51	54
95	47	52	57	61	65	69
120	65	71	77	83	88	93
150	77	85	92	98	105	110
185	89	97	105	113	120	127
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	71	78	84	90	96	101
150	83	91	99	105	112	118
185	96	106	114	122	130	137
Алюминиевые провода марки А						
25	10	12	13	14	15	16
35	13	15	17	18	20	21
50	17	19	21	23	25	27
70	22	25	28	30	33	35
95	27	31	35	38	41	45
120	32	37	41	45	49	52
150	38	44	49	53	58	62
185	44	51	57	62	67	72
Стальные провода марки ПС						
25	—	—	35	38	41	44
35	—	—	50	54	59	63
50	—	—	61	67	72	77
70	—	—	84	92	100	107
95	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	−20	−15	−10	−5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
16—185	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—185	—	—	—	—	—	—
Алюминиевые провода марки А						
25—185	—	—	—	—	—	—
Стальные провода марки ПС						
25	31	35	38	41	44	47
35	46	51	56	60	64	68
50	56	63	68	74	79	84
70	79	88	97	105	111	118
95	105	115	124	133	142	150

Таблица 23

Значения второго и третьего критических пролетов для ВЛ напряжением 110—330 кв[1]

1. ВЛ 110—330 *кв*, $b = 0{,}5$ *см*, $q_н = 40$ *кГ/м*^{2}

Сечение провода, *мм*^{2}	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70	180	199	216	232	247	261
95	—	239	260	—	—	—
120—185	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240—500	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—400	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, *мм*^{2}	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70	—	—	222	253	280	305
95	234	308	368	419	464	506
120—185	×	×	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240—500	×	×	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—400	×	×	×	×	×	×

[1] В таблицах для $l_{2к}$ значок „—" означает, что для этих перепадов температур второй критический пролет является фиктивным (см. рис. 8).

В таблицах для $l_{3к}$ значок „—" означает, что для этих перепадов температур третий критический пролет является фиктивным (см. рис. 8).

В таблицах для $l_{3к}$ значок „×" означает, что длина третьего критического пролета больше 500 *м*.

2. ВЛ 110—330 *кв*; $b = 0{,}5$ *см*; $q_н = 50$ *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70	166	183	199	214	227	241
95	200	221	240	258	—	—
120—185	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240—500	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—400	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м* при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70	—	—	—	216	241	261
95	—	238	284	324	359	391
120	422	×	×	×	×	×
150—185	×	×	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240—500	×	×	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—400	×	×	×	×	×	×

3. ВЛ 110—330 *кв*; $b = 0{,}5$ *см*; $q_н = 65$ *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70	136	150	163	175	187	197
95	163	180	195	210	224	236
120	213	234	254	272	—	—
150—185	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240—500	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	—	—	276	—	—	—
150—400	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл 23

Сечение провода, *мм*²	Длина третьего критического пр лета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70	—	—	—	—	—	—
95	—	—	—	210	233	254
120	—	256	294	327	357	385
150	318	384	440	490	×	×
185	×	×	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240—500	×	×	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	271	322	366	404	439	471
150—400	×	×	×	×	×	×

4. ВЛ 110—330 *кв*; $b = 0{,}5$ *см*, $q_н = 80$ *кГ/м*²

Сечение провода, *мм*²	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г\,-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70	114	126	136	146	156	165
95	136	15)	163	175	186	197
120	177	194	210	225	239	252
150	204	224	242	259	275	—
185	—	249	270	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240—500	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	192	211	229	245	260	274
150	—	240	260	279	—	—
185—400	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, *мм*²	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70—95	—	—	—	—	—	—
120	—	—	—	231	253	272
150	—	233	267	297	324	350
185	246	298	341	380	415	447
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240	478	×	×	×	×	×
300—500	×	×	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	—	215	244	270	293	315
150	235	279	317	350	380	408
185—400	×	×	×	×	×	×

Продолжение табл. 23

5. ВЛ 110—330 *кв*; $b = 1{,}0$ *см*; $q_н = 40$ *кГ/м*^{2}

Сечение провода, *мм*^{2}	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70	95	104	113	122	129	137
95	116	128	139	149	159	168
120	152	167	181	194	206	217
150	175	192	208	223	237	250
185	195	214	232	248	264	278
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240	211	232	251	269	286	—
300	—	255	276	—	—	—
400—500	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	164	180	195	208	222	234
150	187	205	222	237	252	265
185	—	231	250	268	—	—
240—400	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, *мм*^{2}	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.в}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70—95	—	—	—	—	—	—
120	—	—	—	—	—	219
150	—	—	—	228	249	268
185	—	—	246	274	299	322
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240	—	243	282	316	347	375
300	248	306	355	397	436	472
400	479	×	×	×	×	×
500	×	×	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	—	—	—	209	227	245
150	—	—	231	255	277	298
185	215	255	290	320	348	374
240	303	360	410	452	490	×
300—400	×	×	×	×	×	×

6. ВЛ 110–330 *кв*; $b = 1{,}0$ *см*; $q_н = 50$ *кГ/м*^{2}

Сечение провода, *мм*^{2}	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_г$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70	90	100	108	116	124	131
95	111	123	133	143	152	161
120	147	161	175	187	199	210
150	169	186	201	216	229	242
185	189	208	225	241	256	270
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240	205	226	245	262	278	—
300	—	248	269	288	—	—
400—500	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	158	173	188	201	214	225
150	180	198	214	229	243	256
185	203	223	242	258	278	—
240—400	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, *мм*^{2}	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70—120	—	—	—	—	—	—
150	—	—	—	—	236	255
185	—	—	233	259	283	305
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240	—	230	266	298	327	354
300	231	285	331	371	407	440
400	410	×	×	×	×	×
500	×	×	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	—	—	—	—	216	232
150	—	—	220	242	263	283
185	—	241	274	303	329	353
240	280	331	377	416	452	485
300	411	488	×	×	×	×
400	×	×	×	×	×	×

Продолжение табл. 23

7. ВЛ 110 — 330 *кв*; $b = 1{,}0$ *см*; $q_н = 65$ *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70	83	92	100	107	114	121
95	104	115	124	134	142	150
120	138	151	164	175	186	197
150	160	175	190	203	216	228
185	179	197	214	229	243	256
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240	195	215	233	249	265	280
300	215	237	257	275	—	—
400—500	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	148	163	176	188	200	211
150	171	187	203	217	231	243
185	195	213	231	247	263	277
240	—	—	267	—	—	—
300—400	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$ *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70—120	—	—	—	—	—	—
150	—	—	—	—	217	234
185	—	—	—	237	259	279
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240	—	—	242	271	297	322
300	—	255	296	322	364	393
400	333	412	477	×	×	×
500	×	×	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	—	—	—	—	—	212
150	—	—	—	223	242	260
185	—	220	250	275	299	322
240	248	295	335	370	402	432
300	350	415	472	×	×	×
400	×	×	×	×	×	×

Продолжение табл. 23

8. ВЛ 110—330 кв; $b = 1{,}0$ см; $q_н = 80$ кГ/м²

Сечение провода, мм²	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, м, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70	77	85	92	99	105	111
95	96	106	115	124	132	139
120	128	141	153	164	174	183
150	150	164	178	191	202	214
185	169	186	201	215	229	241
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240	185	203	220	236	251	265
300	204	225	244	261	278	—
400	—	—	287	—	—	—
500	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	143	152	165	176	187	197
150	160	176	190	203	216	228
185	183	200	217	232	247	260
240	213	234	253	271	—	—
300—400	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, мм²	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, м, при $\Delta t_{г\,э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70—150	—	—	—	—	—	—
185	—	—	—	216	236	254
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240	—	—	—	245	269	291
300	—	228	264	296	325	352
400	279	345	399	448	491	×
500	469	×	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	—	—	—	—	—	—
150	—	—	—	—	220	237
185	—	—	225	249	270	290
240	—	262	298	329	357	384
300	295	305	399	440	478	514
400	×	×	×	×	×	×

Продолжение табл. 23

9. ВЛ 110 — 330 *кв*; $b = 1{,}5$ *см*; $q_н = 40 — 50$ *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70	56	62	67	72	77	81
95	71	78	85	91	97	102
120	95	104	113	121	128	135
150	111	122	132	141	150	158
185	125	138	149	160	169	179
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240	137	151	164	175	186	197
300	152	167	181	194	207	218
400	178	197	213	229	243	256
500	199	219	237	254	270	285
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	102	112	122	130	138	145
150	119	130	141	151	160	169
185	137	150	162	174	185	195
240	158	173	188	201	214	225
300	177	194	210	225	239	252
400	206	227	245	263	—	—

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70—185	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240—300	—	—	—	—	—	—
400	—	—	—	233	255	276
500	—	—	250	280	308	333
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—185	—	—	—	—	—	—
240	—	—	—	—	216	233
300	—	—	214	236	256	275
400	—	245	279	309	335	360

Продолжение табл. 23

10. ВЛ 110 — 330 *кв*; $b = 1{,}5$ *см*; $q_н = 65$ *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70	54	60	65	70	74	78
95	69	76	82	88	94	99
120	92	101	109	117	124	131
150	108	118	128	137	146	157
185	122	134	145	156	165	175
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240	134	148	160	172	182	193
300	149	164	178	190	202	214
400	176	193	209	224	239	252
500	196	215	233	250	265	280
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	100	109	118	127	135	142
150	116	127	137	147	156	165
185	134	146	159	170	181	190
240	155	170	184	197	209	220
300	174	191	207	221	235	248
400	203	223	242	258	275	—

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70—185	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240—300	—	—	—	—	—	—
400	—	—	—	233	255	276
500	—	—	250	280	308	333
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—185	—	—	—	—	—	—
240	—	—	—	—	210	226
300	—	—	208	230	249	268
400	—	238	271	300	325	349

Продолжение табл 23

11. ВЛ 110 — 330 *кв*; $b = 1{,}5$ *см*; $q_н = 80$ *кГ/м*^{2}

Сечение провода, *мм*^{2}	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м* при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70	51	56	61	65	70	73
95	65	71	78	83	89	94
120	87	96	104	111	118	125
150	103	113	122	131	139	147
185	117	129	139	149	158	167
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240	129	142	154	165	175	185
300	143	158	171	183	195	206
400	170	187	202	217	231	243
500	190	209	226	242	258	272
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	95	104	112	120	128	135
150	110	121	131	140	149	157
185	128	140	152	163	173	182
240	149	163	174	189	201	212
300	168	185	200	214	228	240
400	197	216	234	251	267	—

Сечение провода, *мм*^{2}	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$ *м* при $\Delta t_{г.э}$ °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70—185	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240—300	—	—	—	—	—	—
400	—	—	—	—	235	254
500	—	—	229	257	282	305
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—185	—	—	—	—	—	—
240	—	—	—	—	—	214
300	—	—	—	218	236	254
400	—	225	256	282	307	330

Продолжение табл. 23

12 ВЛ 110—330 *кв*; $b = 2{,}0$ *см*; $q_н = 40$—50 *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70	39	43	47	50	53	56
95	50	55	60	64	68	72
120	67	74	80	86	91	96
150	80	88	95	102	108	114
185	91	100	108	116	123	130
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240	101	111	120	129	137	145
300	113	124	134	144	153	161
400	134	147	160	171	182	192
500	150	165	179	192	204	215
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	73	80	87	93	99	104
150	86	94	102	109	116	122
185	99	109	118	126	134	141
240	117	128	139	148	158	166
300	132	145	157	168	179	188
400	156	171	186	198	211	222

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г\,э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70—185	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240—500	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—300	—	—	—	—	—	—
400	—	—	—	—	212	228

13. ВЛ 110—330 *кв*; $b = 2{,}0$ *см*; $q_н = 65$ *кГ/м*²

Сечение провода, *мм*²	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70	38	42	45	49	52	55
95	49	54	58	63	67	70
120	66	73	78	84	89	94
150	78	86	93	100	106	112
185	89	98	106	114	121	128
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240	99	109	118	127	135	142
300	111	122	132	142	151	159
400	132	145	158	169	179	189
500	148	163	176	189	201	212
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	72	78	85	91	97	102
150	84	92	100	107	114	120
185	98	107	116	124	132	139
240	115	126	137	146	155	163
300	130	143	155	166	176	185
400	154	169	183	196	208	219

Сечение провода, *мм*²	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70—185	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240—500	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—300	—	—	—	—	—	—
400	—	—	—	—	209	224

Продолжение табл. 23

14 ВЛ 110—330 *кв*; $b = 2{,}0$ *см*; $q_н = 80$ *кГ/м*²

Сечение провода *мм*²	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70	36	40	43	46	49	52
95	47	51	56	60	64	67
120	63	70	75	81	86	90
150	75	83	89	96	102	107
185	86	95	103	110	117	123
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240	96	106	115	123	130	138
300	108	118	128	137	146	154
400	129	142	153	164	175	184
500	145	159	172	185	196	207
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120	68	74	81	87	93	97
150	81	89	96	103	109	115
185	94	103	112	120	127	134
240	112	122	133	142	151	159
300	127	139	150	161	171	180
400	150	165	178	191	203	214

Сечение провода, *мм*²	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АС						
70—185	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
240—500	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
120—300	—	—	—	—	—	—
400	—	—	—	—	—	216

Таблица 24

Значения второго и третьего критических пролетов для ВЛ напряжением 500 кв[1]

1. ВЛ 500 кв; $b = 1{,}0$ см; $q_н = 55$ кГ/м²

Сечение провода, мм²	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, м, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
300	222	245	265	284	—	—
400—700	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
300—400	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, мм²	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, м, при $\Delta t_{г э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
300	—	275	319	357	392	424
400	380	470	×	×	×	×
500—700	×	×	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
300	388	460	×	×	×	×
400	×	×	×	×	×	×

[1] В таблицах для $l_{2к}$ значок „—" означает, что для этих перепадов температур второй критический пролет является фиктивным (см. рис 8).

В таблицах для $l_{3к}$ значок „—" означает, что для этих перепадов температур третий критический пролет является фиктивным (см. рис. 8).

В таблицах для $l_{3к}$ значок „×" означает, что длина третьего критического пролета больше 500 м.

2. ВЛ 500 *кв*; $b = 1{,}0$ *см*; $q_н = 70$ *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г\,-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
300	212	233	253	270	288	—
400—700	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
300—400	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г\,э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
300	—	246	285	319	350	378
400	315	389	450	×	×	×
500—700	×	×	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
300	326	387	440	486	×	×
400	×	×	×	×	×	×

3. ВЛ 500 *кв*; $b = 1{,}0$ *см*; $q_н = 85$ *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г\,-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
300	201	221	239	256	273	288
400	—	—	282	—	—	—
500—700	—	—	—	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
300—400	—	—	—	—	—	—

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г\,э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
300	—	—	255	286	314	339
400	265	328	380	425	467	×
500	420	×	×	×	×	×
600—700	×	×	×	×	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
300	280	333	378	418	454	488
400	×	×	×	×	×	×

4. ВЛ 500 *кв*; b=1,5 *см*; $q_н$=55 *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
300	152	168	182	195	207	218
400	180	198	214	229	244	257
500	199	218	237	254	270	285
600	218	240	260	279	—	—
700	—	—	289	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
300	177	195	211	225	240	252
400	206	227	246	263	—	—

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	−20	−15	−10	−5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
300	—	—	—	—	—	—
400	—	—	—	234	256	277
500	—	—	250	280	308	332
600	—	263	305	341	375	405
700	286	353	409	458	×	×
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
300	—	—	213	236	256	275
400	—	246	280	310	336	361

5. ВЛ 500 *кв*; b=1,5 *см*; $q_н$=70 *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
300	147	162	176	188	200	211
400	174	191	207	222	236	249
500	194	213	231	247	263	277
600	213	234	254	272	290	—
700	—	—	282	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
300	172	189	205	219	233	245
400	202	221	240	256	272	—

Продолжение табл. 24

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	−20	−15	−10	−5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
300	—	—	—	—	—	—
400	—	—	—	—	244	264
500	—	—	238	267	293	317
600	—	249	288	323	354	383
700	265	328	380	426	467	×
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
300	—	—	—	225	245	263
400	—	234	266	294	319	343

6. ВЛ 500 *кв*; b=1,5 *см*, $q_н$=85 *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г\,-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
300	142	156	169	181	192	203
400	168	185	200	215	228	241
500	188	206	224	240	255	269
600	207	227	246	264	281	—
700	—	253	275	—	—	—
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
300	166	182	197	211	224	236
400	195	214	232	248	263	278

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.э}$, °С					
	−20	−15	−10	−5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
300	—	—	—	—	—	—
400	—	—	—	—	231	250
500	—	—	225	252	277	299
600	—	233	270	303	333	360
700	245	303	351	394	432	467
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
300	—	—	—	213	232	249
400	—	220	251	277	301	323

7 ВЛ 500 *кв*; b=2,0 *см*; $q_н$=55 *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$ *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
300	113	124	134	144	153	161
400	134	147	160	171	182	192
500	150	165	179	191	204	215
600	166	182	198	212	225	237
700	185	203	220	236	251	265
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
300	132	145	157	168	178	188
400	156	171	186	198	211	222

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г\,э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
300—500	—	—	—	—	—	—
600	—	—	—	—	226	245
700	—	—	—	246	270	292
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
300	—	—	—	—	—	—
400	—	—	—	—	212	228

8. ВЛ 500 *кв*; b=2,0 *см*, $q_н$=70 *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$ *м*, при $\Delta t_{г-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
300	110	121	131	140	149	157
400	131	144	156	167	178	188
500	147	162	175	188	200	211
600	163	179	194	208	221	233
700	182	200	217	232	247	260
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
300	129	142	153	164	174	184
400	153	168	182	194	206	217

Сечение провода, *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г.в}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
300—500	—	—	—	—	—	—
600	—	—	—	—	—	238
700	—	—	—	239	262	283

Продолжение табл. 24

Сечение провода *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г\,э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
300	—	—	—	—	—	—
400	—	—	—	—	—	222

9. ВЛ 500 *кв*, b=2,0 *см*, $q_н$=85 *кГ/м²*

Сечение провода, *мм²*	Длина второго критического пролета $l_{2к}$, *м*, при $\Delta t_{г\,-}$, °С					
	15	20	25	30	35	40
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
300	107	117	127	136	145	153
400	127	140	152	162	173	182
500	143	158	171	183	195	205
600	159	175	189	203	216	228
700	178	196	213	228	242	255
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
300	126	138	149	160	170	179
400	149	164	177	189	201	212

Сечение провода *мм²*	Длина третьего критического пролета $l_{3к}$, *м*, при $\Delta t_{г\,э}$, °С					
	—20	—15	—10	—5	0	+5
Сталеалюминиевые провода марки АСО						
300—500	—	—	—	—	—	—
600	—	—	—	—	—	230
700	—	—	—	231	254	274
Сталеалюминиевые провода марки АСУ						
300	—	—	—	—	—	—
400	—	—	—	—	—	214

ПРИЛОЖЕНИЕ I

КОНСТРУКТИВНЫЕ ДАННЫЕ ПРОВОДОВ

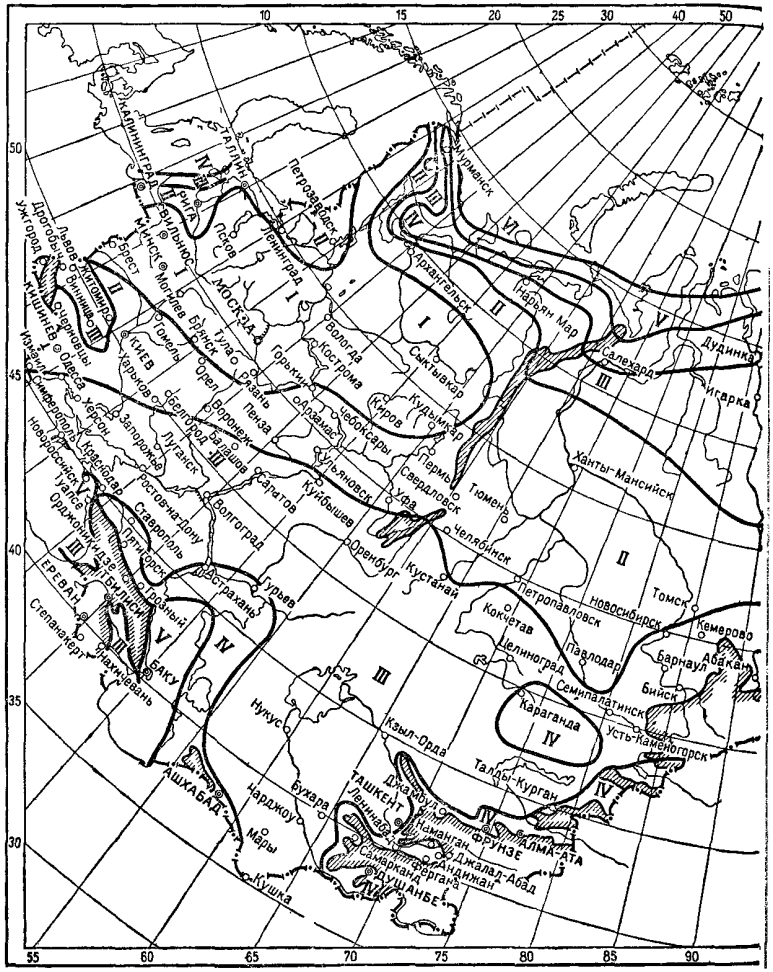
1. Сталеалюминиевые провода (ГОСТ 839-59)

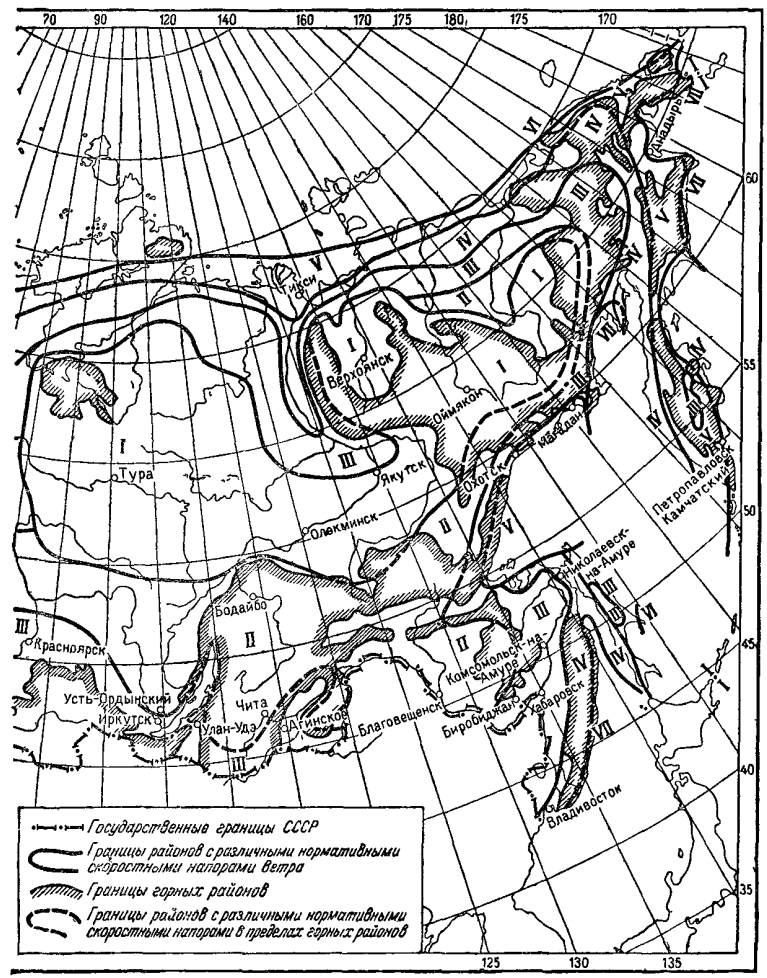
Марка и сечение провода, *мм²*	Диаметр провода, *мм*	Сечение провода, *мм²*	Погонный вес провода, *кг/м*	Алюминиевая часть провода		Стальная часть провода		Отношение сечений $\frac{S_a}{S_c}$
				Число проволок и их диаметр, *мм*	Сечение, *мм²*	Число проволок и их диаметр, *мм*	Сечение, *мм²*	
АС-16	5,4	17,8	0,062	6×1,8	15,3	1×1,8	2,5	6,12
АС-25	6,6	26,6	0,092	6×2,2	22,8	1×2,2	3,8	6,00
АС-35	8,4	43,1	0,150	6×2,8	36,9	1×2,8	6,2	5,96
АС-50	9,6	56,3	0,196	6×3,2	48,3	1×3,2	8,0	6,04
АС-70	11,4	79,3	0,275	6×3,8	68,0	1×3,8	11,3	6,02
АС-95	13,5	111,3	0,386	6×4,5	95,4	1×4,5	15,9	6,00
АС-120	15,2	137,0	0,492	28×2,29	115	7×2,0	22,0	5,23
АС-150	17,0	174,6	0,617	28×2,59	148	7×2,2	26,6	5,57
АС-185	19,0	215,4	0,771	28×2,87	181	7×2,5	34,4	5,26
АСО-240	21,6	274,7	0,937	24×3,59	243	7×2,4	31,7	7,66
АСО-300	23,5	328,2	1,098	54×2,62	291	7×2,6	37,2	7,84
АСО-400	27,2	441,5	1,501	54×3,04	392	7×3,0	49,5	7,93
АСО-500	30,2	541,7	1,836	54×3,37	482	19×2,0	59,7	8,07
АСО-600	33,1	650,2	2,206	54×3,69	578	19×2,2	72,2	8,01
АСО-700	37,1	805,3	2,756	54×4,10	712	19×2,5	93,3	7,64
АСУ-120	15,5	142,6	0,530	30×2,22	116	7×2,2	26,6	4,36
АСУ-150	17,5	181,4	0,678	30×2,50	147	7×2,5	34,4	4,27
АСУ-185	19,6	228,1	0,850	30×2,80	185	7×2,8	43,1	4,30
АСУ-240	22,4	297,3	1,111	30×3,20	241	7×3,2	56,3	4,28
АСУ-300	25,2	369,2	1,390	30×3,55	297	19×2,2	72,2	4,12
АСУ-400	29,0	493,3	1,840	30×4,12	400	19×2,5	93,3	4,29

Конструктивные данные проводов

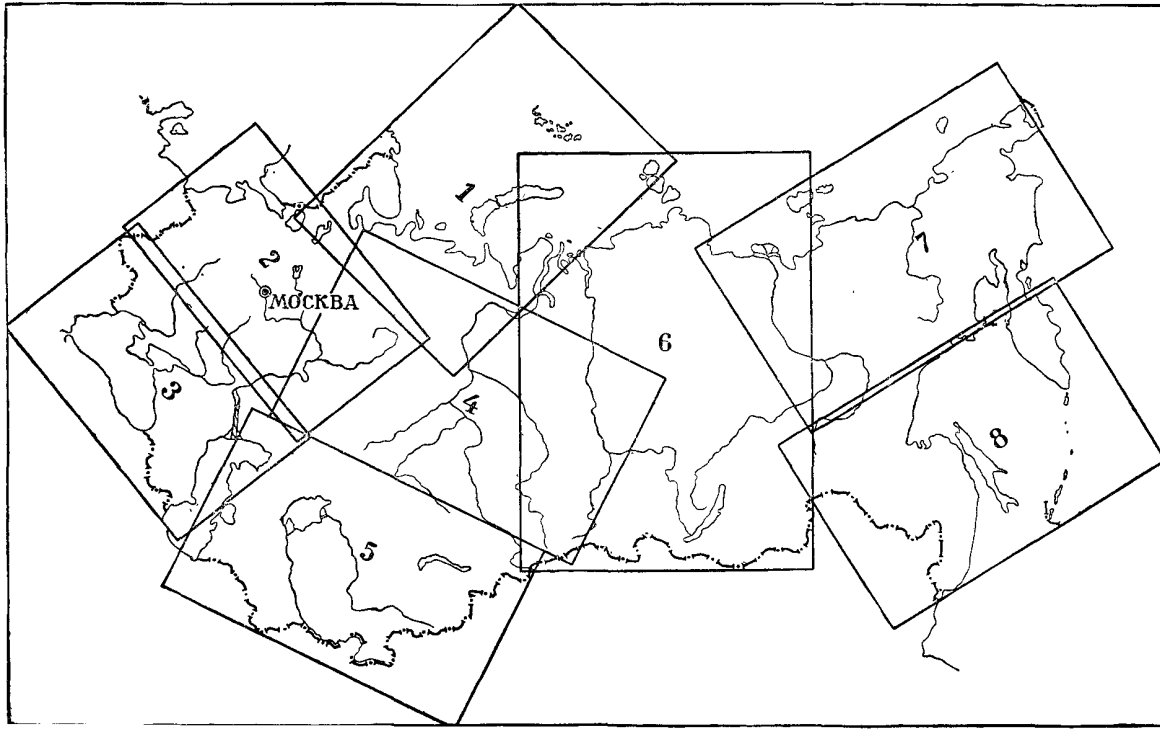
Марка и сечение провода, *мм*²	Диаметр провода, *мм*	Сечение провода, *мм*²	Погонный вес провода *кг/м*	Число проволок и их диаметр, *мм*
2. Алюминиевые провода (ГОСТ 839-59)				
А-25	6,4	24,7	0,068	7×2,12
А-35	7,5	34,4	0,095	7×2,50
А-50	9,0	49,5	0,136	7×3,00
А-70	10,7	69,3	0,191	7×3,55
А-95	12,4	93,3	0,257	7×4,12
А-120	14,0	117,0	0,322	19×2,80
А-150	15,8	148,0	0,407	19×3,15
А-185	17,5	183,0	0,503	19×3,50
3. Стальные провода (ГОСТ 5800-51)				
ПС-25	6,8	24,6	0,194	5×2,5
ПС-35	7,5	34,4	0,272	7×2,5
ПС-50	9,2	49,8	0,396	12×2,3
ПС-70	11,5	78,9	0,632	19×2,3
ПС-95	12,6	94,0	0,755	37×1,8
4. Стальные канаты (ГОСТ 3062-55, 3063-55)				
С-35	7,8	37,17	0,318	7×2,6
С-50	9,0	49,49	0,423	7×3,0
С-35	7,5	33,44	0,285	19×1,5
С-50	9,0	48,26	0,411	19×1,8
С-70	11,0	72,2	0,615	19×2,2
С-100	13,0	100,9	0,859	19×2,6

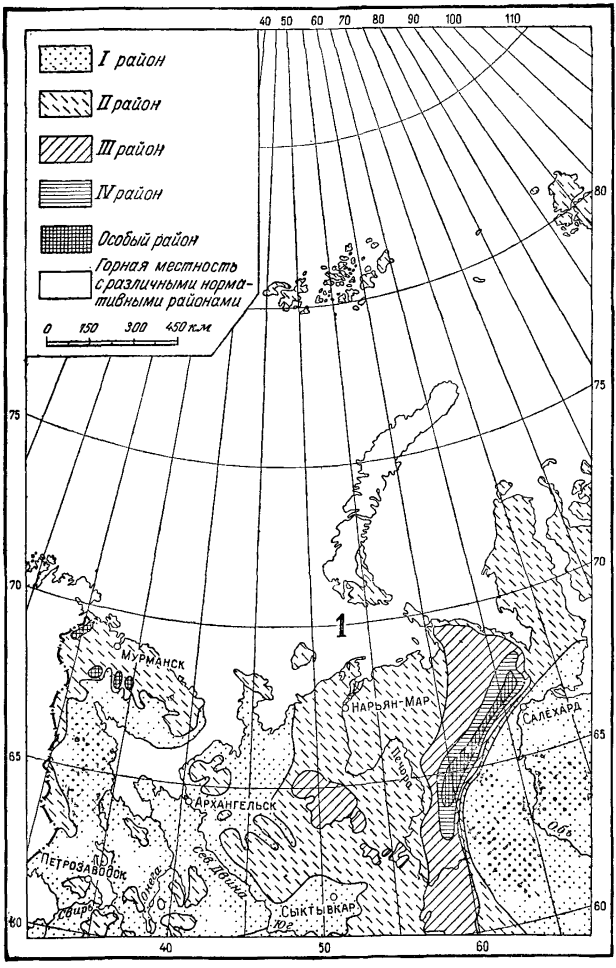
КАРТА РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ СССР ПО СКОРОСТНОМУ НАПОРУ ВЕТРА

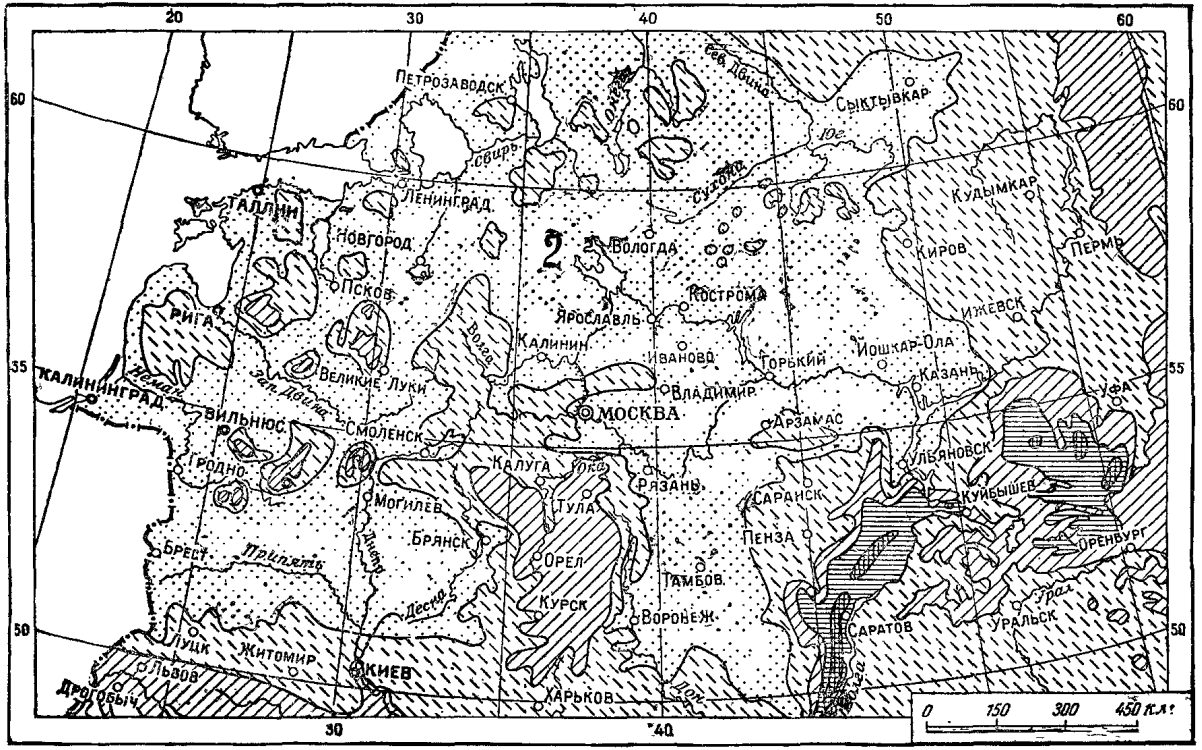


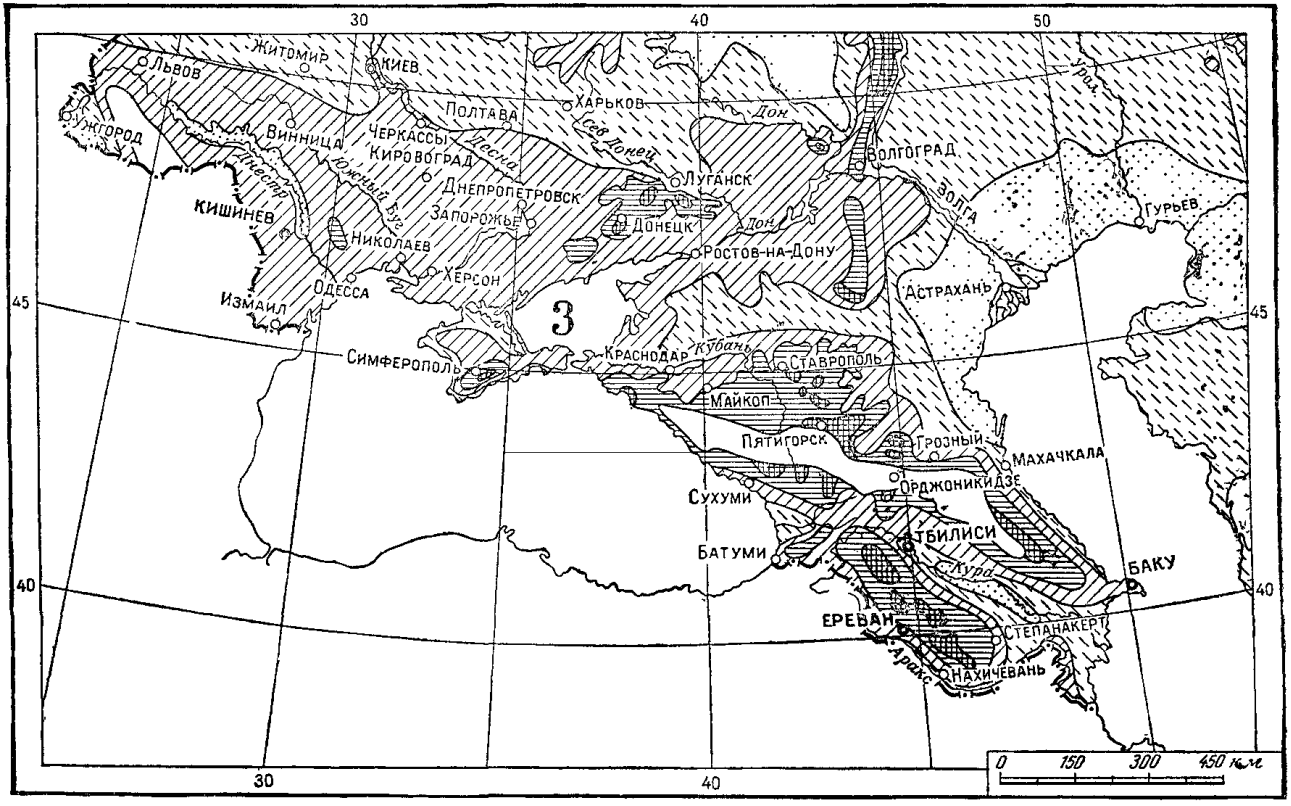


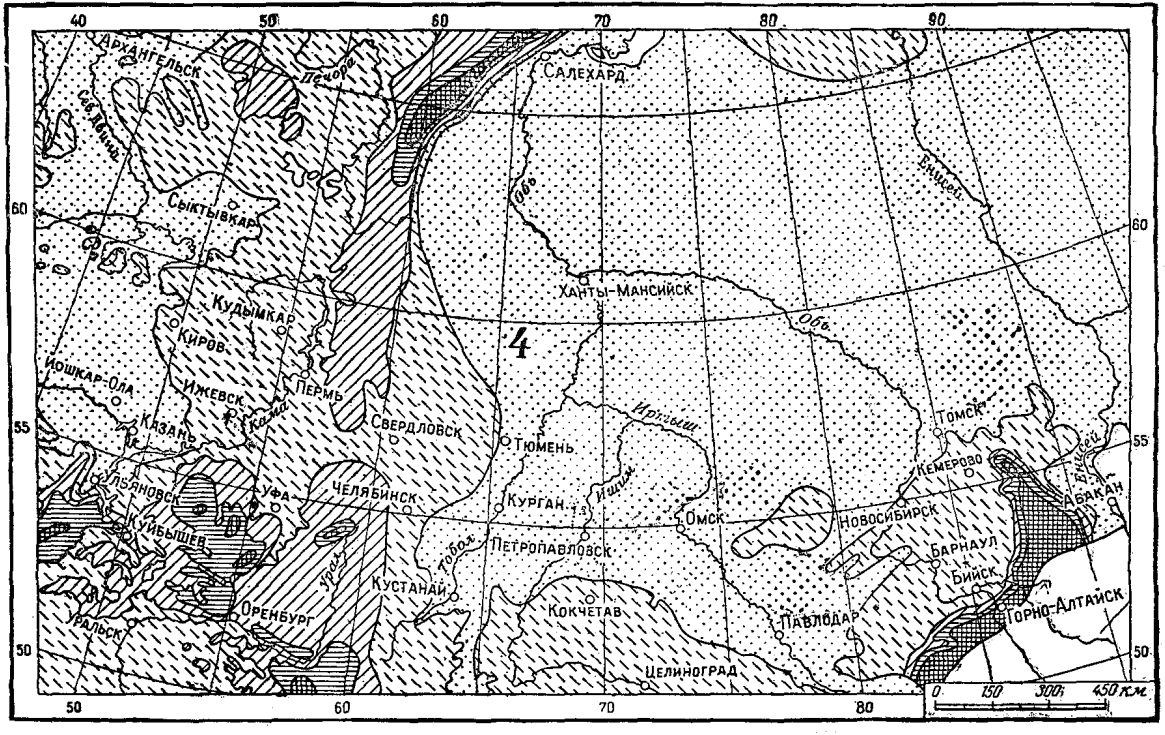
КАРТА РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ СССР ПО ГОЛОЛЕДУ

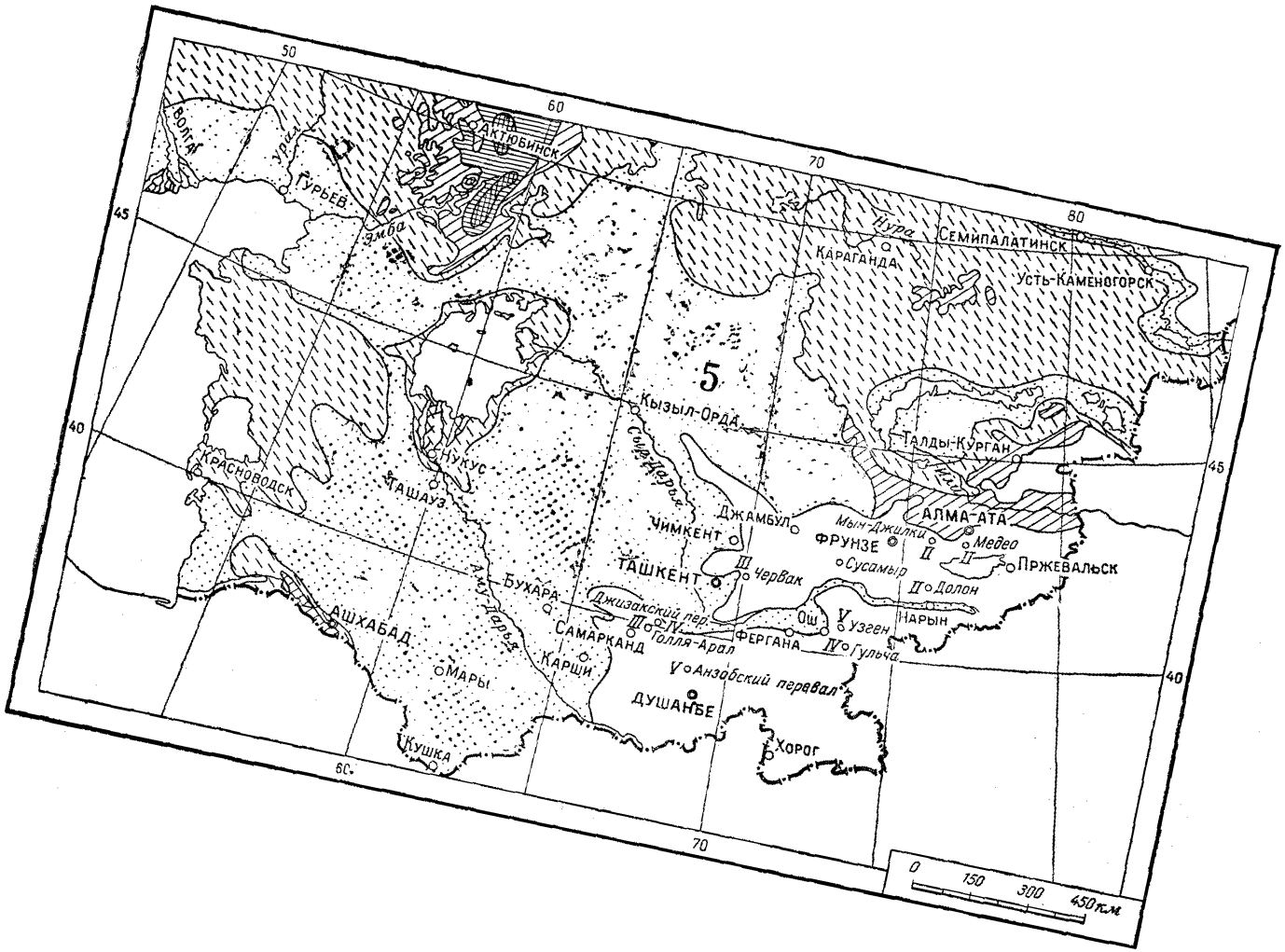



I район
II район
III район
IV район
Особый район
Горная местность с различными нормативными районами
0 150 300 450 км
40 50 60 70 80 90 100 110
80
75
70
65
60
40 50 60
1
Мурманск
Нарьян-Мар
Салехард
Архангельск
Петрозаводск
Сыктывкар
Печора
Обь
Онега
Сев. Двина
Свирь

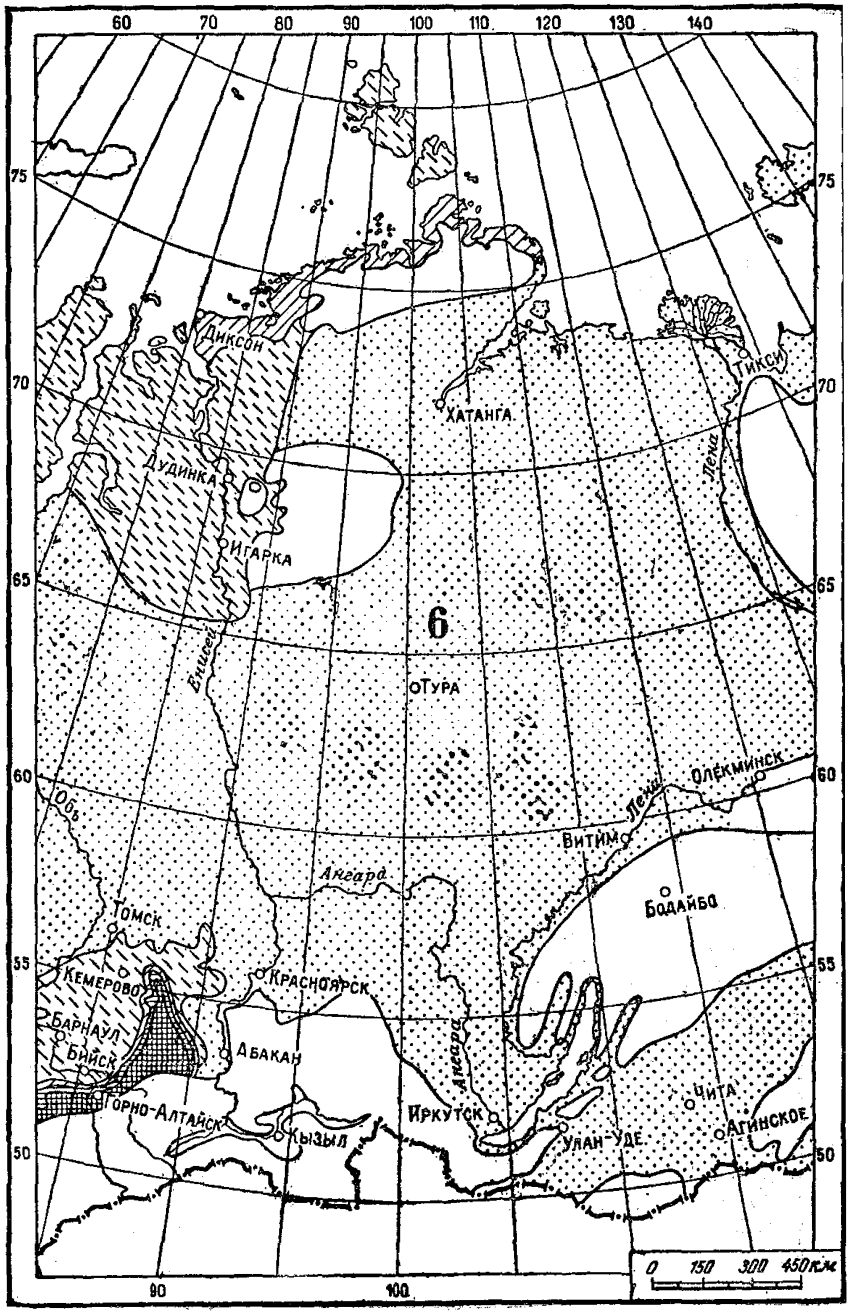

20
30
40
50
60
60
55
50
Петрозаводск
Сыктывкар
Ленинград
Таллин
Новгород
Псков
Рига
Вологда
Кострома
Ярославль
Калинин
Иваново
Горький
Йошкар-Ола
Казань
Ижевск
Кудымкар
Киров
Пермь
Уфа
Калининград
Вильнюс
Гродно
Великие Луки
Смоленск
Москва
Владимир
Арзамас
Ульяновск
Куйбышев
Оренбург
Калуга
Рязань
Тула
Саранск
Пенза
Могилев
Брянск
Брест
Орел
Тамбов
Курск
Воронеж
Саратов
Уральск
Луцк
Житомир
Львов
Киев
Дрогобыч
Харьков
0 150 300 450 км

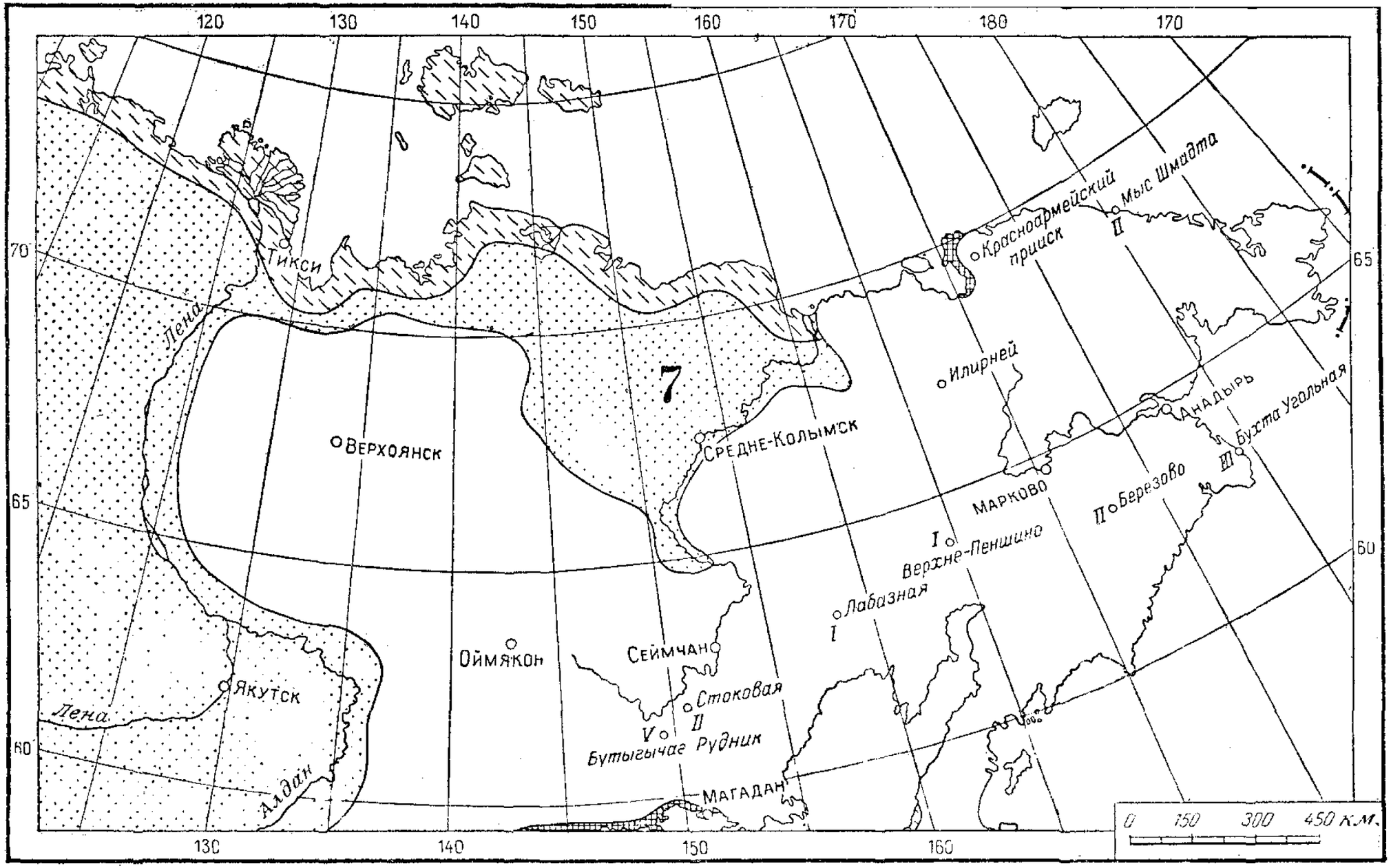

30
40
50
45
40
Житомир
Киев
Львов
Ужгород
Винница
Черкассы
Полтава
Харьков
Дон
Сев Донец
Десна
Кировоград
Днепропетровск
Луганск
Волгоград
Волга
Урал
Днестр
Южный Буг
Кишинев
Запорожье
Донецк
Дон
Гурьев
Николаев
Ростов-на-Дону
Херсон
Одесса
Астрахань
Измаил
3
Симферополь
Краснодар
Кубань
Ставрополь
Майкоп
Пятигорск
Грозный
Махачкала
Орджоникидзе
Сухуми
Тбилиси
Батуми
Кура
Баку
Ереван
Степанакерт
Аракс
Нахичевань
0
150
300
450 км

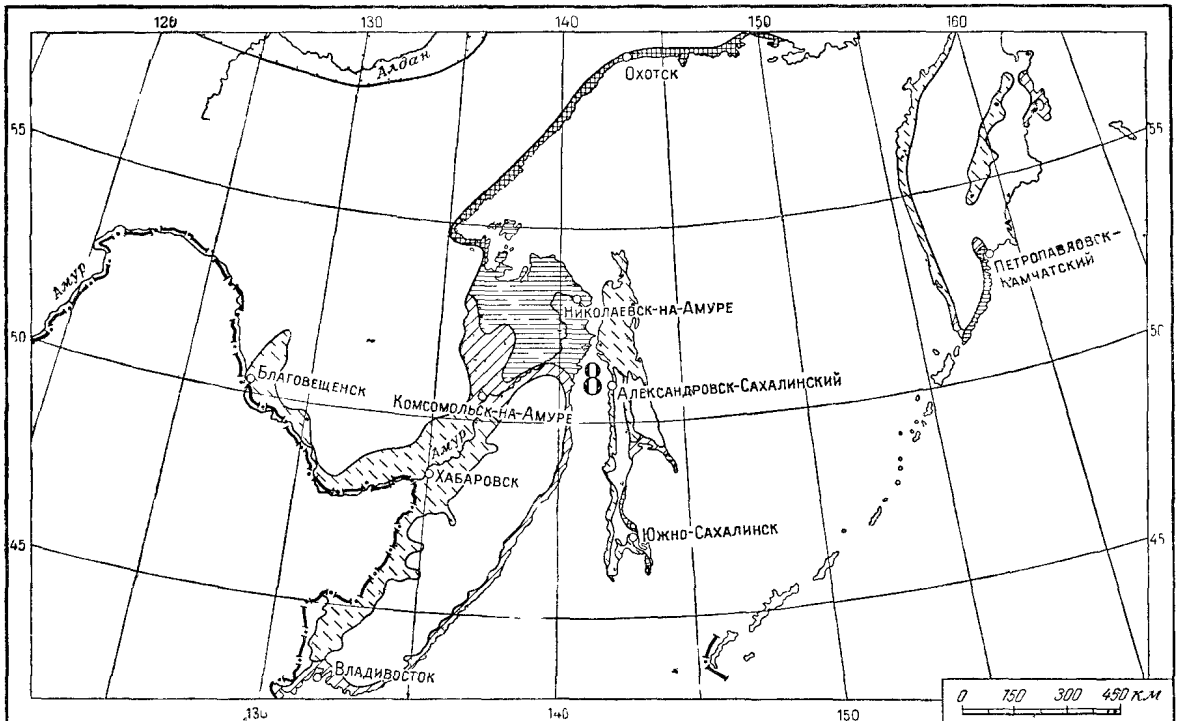

40
50
60
70
80
90
Архангельск
Северная Двина
Печора
Салехард
Обь
Енисей
Сыктывкар
Ханты-Мансийск
Кудымкар
Киров
Пермь
Йошкар-Ола
Ижевск
Казань
Свердловск
Тюмень
Иртыш
Томск
Кемерово
Ульяновск
Уфа
Челябинск
Курган
Ишим
Омск
Новосибирск
Абакан
Куйбышев
Петропавловск
Барнаул
Бийск
Кустанай
Оренбург
Кокчетав
Павлодар
Горно-Алтайск
Уральск
Целиноград
0
150
300
450 км.



5
Волга
Урал
Гурьев
Эмба
Актюбинск
Нура
Семипалатинск
Караганда
Усть-Каменогорск
Кызыл-Орда
Сыр-Дарья
Талды-Курган
Илли
Алма-Ата
Мын-Джилки
Медео
Джамбул
Чимкент
Фрунзе
Сусамыр
Пржевальск
Ташкент
Червак
Долон
Нарын
Бухара
Джизакский пер.
Ош
Узген
Самарканд
Голля-Арал
Фергана
Гульча
Карши
Анзобский перевал
Душанбе
Хорог
Красноводск
Нукус
Ташауз
Аму-Дарья
Ашхабад
Мары
Кушка
0 150 300 450 км


60
70
80
90
100
110
120
130
140
75
70
65
60
55
50
Диксон
Тикси
Хатанга
Лена
Лудинка
Игарка
Енисей
6
Тура
Обь
Олекминск
Витим
Лена
Ангара
Бодайбо
Томск
Кемерово
Красноярск
Барнаул
Бийск
Абакан
Горно-Алтайск
Кызыл
Иркутск
Ангара
Улан-Удэ
Чита
Агинское
0 150 300 450км


120
130
140
150
160
170
180
170
70
65
60
Тикси
Лена
Верхоянск
7
Средне-Колымск
Красноармейский прииск
Мыс Шмидта
II
Илирней
Анадырь
Бухта Угольная
III
Березово
II
Марково
I
Верхне-Пенжино
I
Лабазная
Оймякон
Сеймчан
Стоковая
II
V
Бутыгычаг Рудник
Якутск
Лена
Алдан
Магадан
0 150 300 450 км.


120
130
140
150
160
55
50
45
Ахван
Охотск
Амур
Николаевск-на-Амуре
Благовещенск
Комсомольск-на-Амуре
Амур
Александровск-Сахалинский
Петропавловск-Камчатский
Хабаровск
Южно-Сахалинск
Владивосток
8
0 150 300 450 км

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
1. Общие положения по расчету проводов в нормальных режимах работы 4
Исходные расчетные условия и допускаемые напряжения в проводах 4
Погонные и приведенные нагрузки на провода и тросы, расчетные температуры 6
Расчетные сочетания климатических условий 12
Систематический расчет проводов и тросов 12
2. Расчет проводов в нормальных режимах 17
Общие формулы критических пролетов 17
Взаимное соотношение значений критических пролетов . . 19
Общие положения, принимаемые при единичных расчетах провода 22
Формулы критических пролетов при заданных значениях допускаемых напряжений 23
Критическая нагрузка и уровень критической нагрузки . . 25
Практическое использование уровня критической нагрузки 26
Таблицы численных значений критических пролетов . . . 28
Использование выполненных систематических расчетов для новых условий 30
Выбор расчетных тяжений для грозозащитных тросов . . . 34
3. Расчет проводов в аварийных режимах работ 35
Общие указания 35
Определение нормативной горизонтальной силы на промежуточной опоре при обрыве провода (редуцированное тяжение) 37
Приложение I. Конструктивные данные проводов 86
Приложение II. Карта районирования территории СССР по скоростному напору ветра 88
Приложение III. Карта районирования территории СССР по гололеду 90

Редактор *М А Золотарева* Техн редактор *Т. Н Царева*

Подписано к печати с матриц 22/IX 1965 г

Бумага 84×108¹/₃₂ Печ л 5 13 Уч изд л 6,32

Т 06583 Тираж 13 200 экз. Цена 32 коп. Зак 433

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати
Шлюзовая наб , 10

gost.e-ecolog.ru