

Лабораторная работа №1

РАСЧЕТ ЕДИНИЧНЫХ И УДЕЛЬНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Цель работы

Определить удельные нагрузки для провода воздушной линии 110 кВ.

Общие сведения

Все виды нагрузок на провода можно считать статическими и равномерно распределенными. Равномерно распределенная нагрузка, отнесенная к 1 метру длины провода, называется единичной нагрузкой.

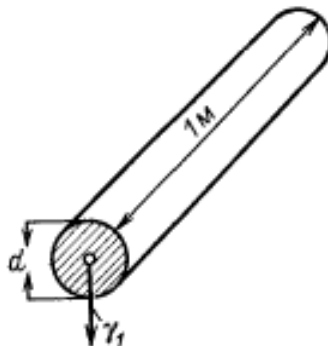
Нагрузка от собственного веса провода

Единичная нагрузка провода от его собственного веса зависит от удельного веса материала, теоретической площади сечения и коэффициента скрутки, влияющего на удлинение проволок, спирально расположенных в проводе.

Удельная нагрузка от собственного веса провода, то есть нагрузка, отнесенная к проводу длиной 1 м и сечением 1 мм², определяется по формуле:

$$\gamma_1 = 9,81 \frac{G_0}{F},$$

где G_0 – масса провода, кг/м; F – расчетное или действительное сечение провода, мм²; $9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение силы тяжести.



С учетом этого, единичная нагрузка от веса провода для комбинированного провода определяется по выражению:

$$p_1 = (\gamma_{ст} \cdot F_{ст} + \gamma_n \cdot F_n) \cdot \eta \cdot 10^{-3}, \text{ кг/м},$$

где $\gamma_{ст}$ — удельный вес стали сердечника, кг/дм³

γ_n — удельный вес материала проводящей части, кг/дм³

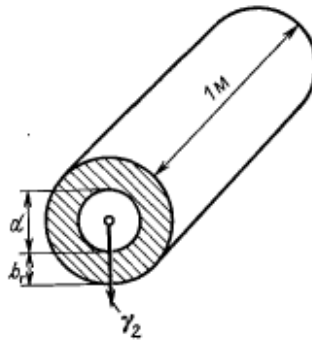
$F_{ст}, F_n$ — площади сечения стального сердечника и проволок проводящей части, мм²

η — коэффициент, учитывающий приращение длины скрученных проволок (определяется в зависимости от коэффициента скрутки)

Для монометаллического многопроволочного провода из приведенной формулы берется только одна составляющая в скобках.

Нагрузка от гололеда

При определении нагрузки от веса гололеда все виды обледенения приводят к чистому гололеду цилиндрической формы с плотностью $g_0 = 900 \text{ кг/м}^3$. Считают, что стенка гололеда вокруг провода диаметром d имеют повсюду одинаковую толщину bg .



Удельная нагрузка от веса гололеда определяется как объем пустотелого цилиндра гололеда, умноженный на $9,81g_0$ и деленный на сечение провода F :

$$\gamma_2 = \frac{9,81g_0 \left[\frac{\pi (d + 2b_r)^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right]}{F} = \frac{9,81g_0 \pi b_r (d + b_r)}{F}$$

Единичная нагрузка от гололеда определяется по формуле, если d и b_r указаны в миллиметрах, а

$$g_0 = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг/мм}^2; \quad p_2 = g_0 \pi \cdot b_r (d + b_r) \cdot 10^{-3}; \quad \text{даН/м}$$

Для практических расчетов в литературе приводятся расчетные формулы для четырех нормированных районов по голоду в виде:

$$I \text{ район } p_2 = 14,15(d + 5) \cdot 10^{-3};$$

d — диаметр провода в мм,

p_2 — в кг/м.

Аналогичные формулы существуют для остальных районов.

Нагрузка от собственного веса провода и веса гололеда

Обе нагрузки, действующие вертикально, складываются арифметически.

Удельная результирующая нагрузка:

$$\gamma_3 = \gamma_1 + \gamma_2$$

Единичная результирующая нагрузка:

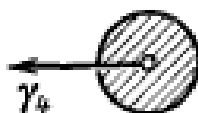
$$p_3 = p_1 + p_2$$

Нагрузка от давления ветра на провод без гололеда

Удельная нагрузка от ветра в этом случае определяется по выражению:

$$\gamma_4 = \frac{\alpha k_1 C_x q_v d}{F} = \frac{\alpha k_1 C_x v^2 d}{1,6F},$$

При расчетах ВЛ, не проходящих в горной местности, направление нагрузки от давления ветра на провод принимается горизонтальным и перпендикулярным к трассе линии.



Поэтому при расчете единичная нагрузка определяется только от действия

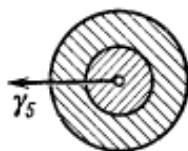
горизонтальной составляющей:

$$p_4 = \alpha C_x q^n d \cdot 10^{-3}, \quad \text{кг/м}$$

Нагрузка от давления ветра на провод с гололедом

Удельная нагрузка определяется по выражению:

$$\gamma_5 = \frac{\alpha k_l C_x q^n (d + 2b_r)}{F} = \frac{\alpha k_l C_x v^2 (d + 2b_r)}{1,6F}$$



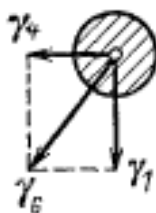
Единичная нагрузка в этом случае:

$$p_5 = \alpha C_x q^n (d + 2b_r) \cdot 10^{-3}, \quad \text{кг/м}$$

(10^{-3} появляется из-за того, что d измеряется в мм, а F в м^2)

Результирующая нагрузка от веса провода и давления ветра на провод без гололеда

Равна геометрической сумме действующих на провод вертикальной и горизонтальной нагрузок.



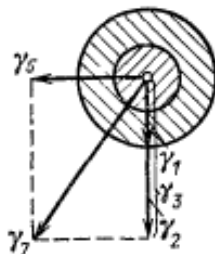
Удельная нагрузка определяется по выражению:

$$\gamma_6 = \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_4^2};$$

Единичная нагрузка в этом случае:

$$p_6 = \sqrt{p_1^2 + p_4^2}$$

Результирующая нагрузка от давления ветра, веса провода и гололеда



Удельная нагрузка:

$$\gamma_7 = \sqrt{\gamma_3^2 + \gamma_5^2}.$$

Единичная нагрузка:

$$p_7 = \sqrt{p_3^2 + p_5^2}$$

В зависимости от расчетных климатических условий любая из двух результирующих нагрузок может оказаться наибольшей по абсолютной величине.

Лабораторная работа №1

Задание: Для провода воздушной линии 110 кВ определить удельные нагрузки при следующих исходных данных:

№ варианта	Тип провода	Сечение провода	Район по гололеду	Район по ветру	Длина пролета, м
1	АС	70	I	I	850
2	АС	95	II	II	900
3	АС	120	III	III	850
4	АС	150	IV	IV	900
5	АС	185	I	V	850
6	АС	240	II	I	900
7	АС	330	III	II	800
8	АС	400	IV	III	850
9	A	95	I	IV	900
10	A	240	II	V	950
11	A	400	III	I	1000
12	A	150	IV	II	1050
13	АС	70	IV	V	1200
14	АС	95	III	I	1250
15	АС	120	II	II	1300
16	АС	150	I	III	1350
17	АС	185	IV	IV	1400
18	АС	240	III	V	1450
19	АС	330	II	I	1500
20	АС	400	I	II	850
21	A	95	IV	III	900
22	A	240	III	IV	850
23	A	400	II	V	900
24	A	150	I	I	850
25	АС	70	II	IV	850
26	АС	95	III	V	900
27	АС	120	IV	I	950
28	АС	150	I	II	1000
29	A	95	II	III	1050
30	A	240	III	IV	1100
31	A	400	IV	V	1150
32	A	150	I	I	1200
33	АС	185	II	II	1250
34	АС	240	III	III	1300
35	АС	330	IV	IV	1350
36	АС	400	I	V	1400
37	A	400	I	III	850
38	A	150	II	IV	900
39	АС	400	II	V	850
40	АС	400	III	I	900
41	АС	95	II	II	850
42	АС	240	I	III	900
43	АС	400	IV	IV	800
44	АС	150	III	V	850
45	АС	70	II	I	900
46	АС	185	I	II	950
47	АС	240	IV	V	1000
48	A	330	III	I	1050
49	A	400	II	III	1100
50	A	70	I	IV	1150
51	A	95	IV	V	1200
52	A	120	III	I	1250
53	АС	150	II	II	1300
54	АС	185	I	I	1350
55	АС	240	II	II	1400
56	АС	330	III	III	850

57	АС	95	IV	IV	900
58	АС	240	I	V	850
59	A	400	II	I	900
60	A	150	III	I	850
61	A	70	IV	II	900
62	A	95	I	III	800
63	АС	120	II	IV	850
64	АС	150	II	V	900
65	АС	185	III	I	950
66	АС	240	IV	IV	1000
67	A	330	I	V	1050
68	A	400	II	I	1200
69	A	95	III	II	1250
70	A	240	III	III	1300
71	АС	150	II	IV	1350
72	АС	70	I	V	1400
73	АС	95	IV	I	1450
74	АС	120	III	II	1500
75	АС	150	II	I	850
76	АС	185	IV	II	900
77	A	240	I	III	850
78	A	330	II	IV	900
79	A	400	III	V	850
80	A	330	II	I	900

Необходимо выполнить расчеты удельных нагрузок нагрузок:

- 1) от собственного веса;
- 2) от веса гололеда;
- 3) от веса провода с гололедом;
- 4) от ветра на провод без гололеда;
- 5) от ветра на провод с гололедом;
- 6) от ветра и веса провода без гололеда;
- 7) от ветра и веса провода с гололедом.

Требования к отчету

Отчет выполняется индивидуально каждым студентом и должен содержать:

- описание цели лабораторной работы;
- исходные данные для расчета
- подробное описание выполненных расчетов;
- выводы по полученным результатам

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (ПУЭ, глава 2.5)

Нормативное ветровое давление W_0 на высоте 10 м над поверхностью земли

Район по ветру	Нормативное ветровое давление W_0 , Па (скорость ветра v_0 , м/с)
I	400 (25)
II	500 (29)
III	650 (32)
IV	800 (36)
V	1000 (40)
VI	1250 (45)
VII	1500 (49)
Особый	Выше 1500 (выше 49)

α_w - коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления по пролету ВЛ, принимаемый равным:

Ветровое давление, Па	До 200	240	280	300	320	360	400	500	580 и более
Коэффициент α_w	1	0,94	0,88	0,85	0,83	0,80	0,76	0,71	0,70

K_l - коэффициент, учитывающий влияние длины пролета на ветровую нагрузку, равный 1,2 при длине пролета до 50 м, 1,1 - при 100 м, 1,05 - при 150 м, 1,0 - при 250 м и более (промежуточные значения K_l определяются интерполяцией);

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

Нормативная толщина стенки гололеда b_g , для высоты 10 м над поверхностью земли

Район по гололеду	Нормативная толщина стенки гололеда b_g , мм
I	10
II	15
III	20
IV	25
V	30
VI	35
VII	40
Особый	Выше 40

Расчетные параметры проводов марок А и АКП

Номинальное сечение, мм ²	Сечение, мм ²	Диаметр провода, мм	Разрывное усилие провода, Н, не менее	Масса 1 км провода без смазки, кг
10	10,0	4,05	1950	27,4
16	15,9	5,10	3021	43,0
25	24,9	6,40	4500	68,0
35	34,3	7,50	5913	94,0
50	49,5	9,00	8198	135,0
70	69,3	10,70	11 288	189,0
95	92,4	12,30	14 784	252,0
120	117,0	14,00	19 890	321,0
150	148,0	15,80	24 420	406,0
185	182,8	17,50	29 832	502,0
200	200,0	18,10	32 000	549,7
240	238,7	20,00	38 192	655,0
300	288,3	22,10	47 569	794,0
350	345,8	24,20	57 057	952,0
400	389,2	25,60	63 420	1072,0
450	449,1	27,30	71 856	1206,0
500	500,4	29,10	80 000	1378,0
550	544,0	30,30	89 760	1500,0
600	586,8	31,50	95 632	1618,0

Провода и тросы	Приведенная нагрузка от собственного веса, 10^{-3} даН/(м·мм ²)
Алюминиевые А, АКП сечением, мм ² :	
до 400, за исключением 95 и 240	2,75
450 и более, а также 95 и 240	2,75
Сталеалюминиевые АС, АСКС, АСКП, АСК сечением, мм ² :	
10 и более при А:С = 6,0 ÷ 6,25	3,46
70 при А:С = 0,95	5,37
95 при А:С = 0,65	5,85
120 и более при А:С = 4,29 ÷ 4,39	3,71
150 и более при А:С = 7,71 ÷ 8,04	3,34
185 и более при А:С = 1,46	4,84
330 при А:С = 12,22	3,15
400 и 500 при А:С = 17,93 и 18,09	3,03
Стальные:	
ПС всех сечений	8,0
тросы ТК всех сечений	8,0
из алюминиевого сплава АН	2,75
из алюминиевого сплава АЖ	2,75

* Принимается по соответствующим

тов марок АС, АСК, АСКП, АСКС

Номинальное сечение, мм ²	Сечение алюминия стали, мм ²	Диаметр, мм		Е у
		провода	проволоки стального сердечника	
10/1,8	10,6/1,77	4,5	1,5	
16/2,7	16/2,69	5,6	1,85	
25/4,2	24,9/4,15	6,9	2,3	
35/6,2	36,9/6,15	8,4	2,8	
50/8,0	48,2/8,04	9,6	3,2	
70/11	68/11,3	11,4	3,8	
70/72	68,4/72,2	15,4	11,0	
95/16	95,4/15,9	13,5	4,5	
95/141	91,2/141	19,8	15,4	
120/19	118/18,8	15,2	5,6	
120/27	114/26,6	15,4	6,6	
150/19	148/18,8	16,8	5,6	
150/24	149/24,2	17,1	6,3	
150/34	147/34,3	17,5	7,5	
185/24	187/24,2	18,9	6,3	
185/29	181/29	18,8	6,9	
185/43	185/43,1	19,6	8,4	
185/128	187/128	23,1	14,7	
205/27	205/26,6	19,8	6,6	
240/32	244/31,7	21,6	7,2	
240/39	236/38,6	21,6	8,0	
240/56	241/56,3	22,4	9,6	
300/39	301/38,6	24,0	8,0	
300/48	295/47,8	24,1	8,9	
300/66	288,5/65,8	24,5	10,5	
300/67	288,5/67,3	24,5	10,5	
300/204	298/204	29,2	18,6	
330/30	335/29,1	24,8	6,9	
330/43	332/43,1	25,2	8,4	
400/18	381/18,8	26,0	5,6	
400/22	394/22	26,6	6,0	