



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ - МСХА ИМЕНИ К. А. ТИМИРЯЗЕВА»

(ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева)



---

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина  
Кафедра: электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко

## **КУРСОВАЯ РАБОТА**

по дисциплине «Эксплуатация систем электроснабжения»

Выполнил:

Кузнецов Антон Андреевич

ФИО

Группа: Д-Н406

Проверил:

к.т.н. доцент Белов С. И.

ученая степень, ученое звание, ФИО

---

подпись

Оценка: \_\_\_\_\_

Дата защиты: \_\_\_\_\_

Москва 2020

## **Оглавление**

1. Расчет численности обслуживающего персонала .....	3
2. Расчет численности ИТР .....	7
3. Нормирование ремонта и технического обслуживания электрических сетей .....	8
4. Реконструкция фидеров 10 кВ с целью повышения надежности электроснабжения .....	18
Библиографический список .....	20

Задание:

№ варианта	Число Р <sub>п</sub> 110/10 кВ в РЭС	район		Масштаб В 1 см - км	Отсутствуют Фидера	Опоры ВЛ 10 кВ, %			Опоры ВЛ 0,38 кВ, %			Варнагрузки	№ 1го ТП
		По ветру	По гололеду			ж/б	Д+ж/б	Д	ж/б	Д+ж/б	Д		
12	6	III	I	0,45	1,5	60	20	20	45	20	35	3	15

Степень загнивания опор

Вар	Наружн. диаметр опор ВЛ 10 кВ, см	Наружн. диаметр опор ВЛ 0,38 кВ, см	Наружнее Загнивание				Полное внутреннее загнивание				Неполное внутреннее загнивание			
			№	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	№	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	№	a <sub>1</sub> /b <sub>1</sub>	a <sub>2</sub> /b <sub>2</sub>	a <sub>3</sub> /b <sub>3</sub>
12	27	23	1	5	2	4	1	2	2	3	1	5/3	5/4	4/5
			2	4	4,5	4	2	4,5	4,5	5	2	3/4	4/2	4/4
			3	4	5	5	3	7	7	6	3	5/3	4/2	5/2

## 1. Расчет численности обслуживающего персонала.

1.1 определяем суммарную длину линий 10 и 0,38 кВ, приходящуюся на одну питающую ПС 110/10 кВ.

$$l_{10кВ} = l_{10кВ(см)} * M = 226 * 0,45 = 101.7 \text{ км}$$

$$l_{0,38кВ} = l_{10кВ} = 101.7 \text{ км}$$

где М- масштаб

1.2 общая длина ВЛ 10 кВ, Приходящаяся на все ТП 110/10 кВ РЭС

$$l_{\Sigma ВЛ-10кВ} = l_{10кВ} * N_{\frac{110}{10}} = 101.7 * 6 = 610 \text{ км}$$

где  $N_{\frac{110}{10}}$  – количество ТП 110/10 кВ.

1.3 общая длина ВЛ-0,38 кВ приходящаяся на все ТП 10/0,4 кВ РЭС

$$l_{\Sigma ВЛ-0,38кВ} = l_{\Sigma ВЛ-10кВ} = 610 \text{ км}$$

1.4 определяем площадь охватываемую сетями одной ПС 110/10 кВ

$$F = F_{см2} * M^2 = 690 * 0,45^2 = 140 \text{ км}^2$$

где  $F_{см2}$  – площадь, охватываемая сетями одной ПС 110/10 кВ и равная 690 см<sup>2</sup>.

1.5 определяем площадь РЭС

$$F_{РЭС} = F * N_{\frac{110}{10}} = 140 * 6 = 840 \text{ км}^2$$

1.6 определяем плотность распределительных сетей 0,38 и 10 кВ

$$\sigma = \frac{l_{\Sigma ВЛ-0,38 \text{ кВ}} + l_{\Sigma ВЛ-10 \text{ кВ}}}{F_{РЭС} * 10^{-3}} = \frac{610 + 610}{840 * 10^{-3}} = 1456$$

1.7 определяем численность рабочих по оперативному и техническому обслуживанию опор ВЛ 0,38 – 10 кВ

табл. 1. численность рабочих, приходящихся на 100 км ВЛ 110/10 кВ для оперативного и технического обслуживания сетей.

Материал опоры		<i>n</i>
		0,76
ж/б	10 кВ	0,85
	0,38 кВ	0,82
Д+ж/б	10 кВ	0,95
	0,38 кВ	0,83
Д	10 кВ	
	0,38 кВ	0,95

Определяем длину линий с д, д+ж/б, ж/б опорами по табл. 1 численность рабочих необходимых для их обслуживания

$$l_{д10} = \frac{l_{\Sigma ВЛ-10 \text{ кВ}}}{100} * Z_{д10} = \frac{690}{100} * 20 = 122 \text{ км}$$

$$l_{д+ж/б10} = \frac{l_{\Sigma ВЛ-10 \text{ кВ}}}{100} * Z_{д+ж/б10} = \frac{690}{100} * 20 = 122 \text{ км}$$

$$l_{ж/б10} = \frac{l_{\Sigma ВЛ-10 \text{ кВ}}}{100} * Z_{ж/б10} = \frac{690}{100} * 60 = 366 \text{ км}$$

$$l_{д0,38} = \frac{l_{\Sigma ВЛ-0,38 \text{ кВ}}}{100} * Z_{д0,38} = \frac{690}{100} * 35 = 214 \text{ км}$$

$$l_{д+ж/б0,38} = \frac{l_{\Sigma ВЛ-0,38 \text{ кВ}}}{100} * Z_{д+ж/б0,38} = \frac{690}{100} * 20 = 122 \text{ км}$$

$$l_{ж/б0,38} = \frac{l_{\Sigma ВЛ-0,38 \text{ кВ}}}{100} * Z_{ж/б0,38} = \frac{690}{100} * 45 = 275 \text{ км}$$

где  $Z_{д10}$ ,  $Z_{д+ж/б10}$ ,  $Z_{ж/б10}$ ,  $Z_{д0,38}$ ,  $Z_{д+ж/б0,38}$ ,  $Z_{ж/б0,38}$ , количество в % ж/б, д+ж/б и д опор ВЛ – 10 кВ и ВЛ – 0,38 кВ

$$\begin{aligned}
n_{\Sigma \text{опор}} &= \frac{l_{\text{д}10} * n_{\text{д}10}}{100} + \frac{l_{\text{д+ж/б}10} * n_{\text{д+ж/б}10}}{100} + \frac{l_{\text{ж/б}10} * n_{\text{ж/б}10}}{100} + \frac{l_{\text{д}0,38} * n_{\text{д}0,38}}{100} \\
&\quad + \frac{l_{\text{д+ж/б}0,38} * n_{\text{д+ж/б}0,38}}{100} + \frac{l_{\text{ж/б}0,38} * n_{\text{ж/б}0,38}}{100} \\
&= \frac{122 * 0,83}{100} + \frac{122 * 0,82}{100} + \frac{366 * 0,76}{100} + \frac{214 * 0,95}{100} \\
&\quad + \frac{122 * 0,95}{100} + \frac{275 * 0,85}{100} = 11 \text{ чел.}
\end{aligned}$$

где  $n_{\text{д}10}$ ,  $n_{\text{д+ж/б}10}$ ,  $n_{\text{ж/б}10}$ ,  $n_{\text{д}0,38}$ ,  $n_{\text{д+ж/б}0,38}$ ,  $n_{\text{ж/б}0,38}$  численность рабочих, приходящихся на ВЛ – 10 кВ и ВЛ – 0,38 кВ с д, ж/б, д+ж/б опорами (табл.1)

1.8 определяем численность рабочих по оперативному и техническому обслуживанию ТП 10/0,4 кВ

$$n_{\Sigma \text{ТП}} = \frac{N_{\text{ТП } 10 / 0,4} * n_{\text{ТП } 10 / 0,4}}{100} = \frac{6 * (76 * 1,58 + 8 * 1,61)}{100} = 8$$

1.9 определяем численность рабочих по ремонту и техническому обслуживанию ВЛ 0,38 кВ и ВЛ 10кВ

табл. 3. Нормы численности рабочих по ремонту и техническому обслуживанию ВЛ

U <sub>н</sub> ВЛ, кВ	Тип опор		
	ж/б	Д+ж/б	Д
10	0,53	0,67	0,78
0,38	0,59	0,91	1,03

$$\begin{aligned}
n_{\Sigma \text{ВЛ}} &= \frac{l_{\text{д}10} * n_{\text{д}10}}{100} + \frac{l_{\text{д+ж/б}10} * n_{\text{д+ж/б}10}}{100} + \frac{l_{\text{ж/б}10} * n_{\text{ж/б}10}}{100} + \frac{l_{\text{д}0,38} * n_{\text{д}0,38}}{100} \\
&\quad + \frac{l_{\text{д+ж/б}0,38} * n_{\text{д+ж/б}0,38}}{100} + \frac{l_{\text{ж/б}0,38} * n_{\text{ж/б}0,38}}{100} = \\
&= \frac{122 * 0,78}{100} + \frac{122 * 0,67}{100} + \frac{366 * 0,53}{100} + \frac{214 * 1,03}{100} \\
&\quad + \frac{122 * 0,91}{100} + \frac{275 * 0,59}{100} = 9 \text{ чел.}
\end{aligned}$$

где  $n_{\text{д}10}$ ,  $n_{\text{д+ж/б}10}$ ,  $n_{\text{ж/б}10}$ ,  $n_{\text{д}0,38}$ ,  $n_{\text{д+ж/б}0,38}$ ,  $n_{\text{ж/б}0,38}$  – число рабочих по ремонту и техническому обслуживанию ВЛ – 10 кВ и ВЛ – 0,38 кВ с д, ж/б, д+ж/б опорами.

1.10 определяем численность рабочих по ремонту ТП 10/0,4 кВ и распределительных пунктов на 10 кВ

табл.4. Нормы численности рабочих по ремонту ТП 10/0,4 кВ и распределительных пунктов на 10кВ

Распредпункт	ТП с 1 тр-ом	ТП с 2 тр-ами	СВ или АВР
Кол-во рабочих	0,87	1,13	0,96

$$n_{р.п} = \frac{N_{ТП1} * N_{ТП \frac{110}{10}} * n_{ТП1}}{100} + \frac{N_{ТП2} * N_{ТП \frac{110}{10}} * n_{ТП2}}{100} +$$

$$+ \frac{N_{авр} * N_{ТП \frac{110}{10}} * n_{авр}}{100} = \frac{76 * 6 * 0,87}{100} + \frac{8 * 6 * 1,13}{100} + \frac{10 * 6 * 0,96}{100}$$

$$= 6 \text{ чел}$$

где  $N_{ТП1}$ ,  $N_{ТП2}$ ,  $N_{авр}$  – количество ТП 10/0,4 кВ с 1м и 2-мя тр-ами, СВ и АВР

$n_{ТП1}$ ,  $n_{ТП2}$ ,  $n_{авр}$  – норма численности рабочих по обслуживанию распределительных пунктов.

1.11 определяем численность рабочих с учетом поправочных коэффициентов.

$$n_{рабочих1} = n_{\Sigma \text{опор}} k_1 * k_2 * k_3 = 11 * 1,03 * 1 * 1,1 = 13$$

$$n_{рабочих2} = n_{\Sigma \text{ТП}} k_1 * k_2 * k_3 = 8 * 1,03 * 1 * 1,1 = 10$$

$$n_{рабочих3} = n_{\Sigma \text{вл}} k_1 * k_2 * k_3 = 9 * 1,06 * 1,22 * 1,05 = 13$$

$$n_{рабочих4} = n_{\Sigma \text{р.л}} k_1 * k_2 * k_3 = 6 * 1,06 * 1,22 * 1,05 = 9$$

где  $k_1$  зависит от территории РЭС  $k_1$

= 1,03 для  $n_{рабочих1}$ ,  $n_{рабочих2}$

$k_1 = 1,06$  для  $n_{рабочих3}$ ,  $n_{рабочих4}$

$k_2$  учитывает трудозатраты на переезды оперативной бригады. Он зависит от среднего расстояния от ремонтной базы до места производства работ. Если расстояние в пределах 15-20 км, то  $k_2$  равен

$k_2 = 1,00$  для  $n_{\text{рабочих1}}$ ,  $n_{\text{рабочих2}}$

$k_2 = 1,22$  для  $n_{\text{рабочих3}}$ ,  $n_{\text{рабочих4}}$

$k_3$  учитывает объем проводимой работы и равен

$k_3 = 1,1$  для  $n_{\text{рабочих1}}$ ,  $n_{\text{рабочих2}}$

$k_3 = 1,05$  для  $n_{\text{рабочих3}}$ ,  $n_{\text{рабочих4}}$

$$\begin{aligned} n_{\Sigma p} &= n_{\text{рабочих1}} + n_{\text{рабочих2}} + n_{\text{рабочих3}} + n_{\text{рабочих4}} \\ &= 13 + 10 + 13 + 9 = 45 \end{aligned}$$

## 2. Расчет численности ИТР.

2.1 определяем численность ИТР

$$\begin{aligned} n_{\text{итр}} &= \frac{n_{\Sigma p}}{10} + \frac{l_{\Sigma \text{ВЛ}-0,38 \text{кВ}} + l_{\Sigma \text{ВЛ}-10 \text{кВ}} - 370}{300} + \frac{N_{\text{ТП } 10}}{\frac{0,4}{150}} + k \\ &= \frac{45}{10} + \frac{610 + 610 - 370}{300} + \frac{84 * 6}{150} + 1 = 12 \text{ чел.} \end{aligned}$$

где  $k=1$  при площади РЭС более 3 тыс. км<sup>2</sup>

К ИТР относятся:

Начальник РЭС – 1

Главный инженер – 1

Старший мастер – 1

Мастера – 2

Старшие диспетчера – 1

Диспетчера – 3

Старший инженер – 1

Техник - 2



### 3. Нормирование ремонта и технического обслуживания электрических сетей

#### 3.1 расчет резервного запаса трансформаторов

Трансформаторы мощностью 25-160 кВа – резервируются в РЭС, а трансформаторы мощностью 250 кВА и более в энергосистеме

Кол-во трансформаторов	Плановая замена	Аварийная замена
21-50	3	2
51-100	4	3
101-150	5	3
151-220	6	4
221-280	7	4
281-350	8	6
351-420	9	6

Осуществляем выбор используемых трансформаторов и их количество по номинальной мощности, учитываем возможную перегрузку на 40 % и по количеству ТП.

Сном.тр-ра кВА	Кол-во тр-ров	Плановая замена	Аварийная замена
25	6	-	-
40	54	4	3
63	72	4	3
100	180	6	4
160	168	6	4

#### 3.2 расчет резервного запаса оборудования для КТП 10/0,4 кВ Нормы резервного запаса.

Выбранный вариант – выделенный столбец таблицы. (504 ТП)

Наименование оборудования	Кол-во оборудования						
	11-50	51-100	101-200	201-400	401-800	801-1500	1501-2500
Комплект устройств 10кВ для КТП мощностью до 63 кВА	1	1	2	2	2	3	3



Комплект устройств 10кВ для КТП мощностью от 100до 250кВА	1	2	2	2	3	4	5
Комплект устройств 0,4 кВ для КТП мощностью до 63 кВА	2	2	2	3	4	6	8
Комплект устройств 0,4кВ для КТП мощностью от 100 до 250 кВА	2	2	3	4	5	7	10
РВО 10	12	13	15	18	20	20	35
Проходные изоляторы	17	20	25	40	70	120	190
Разъединители	6	17	23	55	70	120	190
Предохранители и рубильники	15	18	25	30	45	50	60
Автоматы	15	25	35	40	45	50	65

### 3.3 расчет резервного (эксплуатационного) запаса материалов для опор ЛЭП.

Для деревянных опор необходим следующий запас  
основных материалов: -лесоматериалы

-провода

-изоляторы

-бетон

-катанка

Для ж/б опор необходимы:

-провода

-изоляторы

-хомуты

-бетон

Для ВЛ 10 кВ с «Д» опорами:

$$V_{д10} = \frac{V_{\text{запас д10}} * l_{\Sigma \text{ВЛ}-10\text{кВ}} * K_{д10}}{100} = \frac{45 * 690 * 0,2}{100} = 55$$

$$V_{б10} = \frac{V_{\text{запас б10}} * l_{\Sigma \text{ВЛ}-10\text{кВ}} * K_{д10}}{100} = \frac{0,06 * 690 * 0,2}{100} = 0,07$$

Для ВЛ 10 кВ с «д+ж/б» опорами:

$$V_{д10} = \frac{V_{\text{запас д+ж/б10}} * l_{\Sigma \text{ВЛ}-10\text{кВ}} * K_{д10}}{100} = \frac{35 * 690 * 0,2}{100} = 43$$

$$V_{б10} = \frac{V_{\text{запас б10}} * l_{\Sigma \text{ВЛ}-10\text{кВ}} * K_{д10}}{100} = \frac{0,3 * 690 * 0,2}{100} = 0,64$$

Для ВЛ 10 кВ с «ж/б» опорами

$$V_{б10} = \frac{V_{\text{запас б10}} * l_{\Sigma \text{ВЛ}-10\text{кВ}} * K_{д10}}{100} = \frac{0,1 * 690 * 0,6}{100} = 0,37$$

Для ВЛ 0,38 кВ с «Д» опорами:

$$V_{д0,38} = \frac{V_{\text{запас д0,38}} * l_{\Sigma \text{ВЛ}-0,38\text{кВ}} * K_{д0,38}}{100} = \frac{40 * 690 * 0,35}{100} = 85$$

$$V_{б0,38} = \frac{V_{\text{запас б0,38}} * l_{\Sigma \text{ВЛ}-0,38\text{кВ}} * K_{д0,38}}{100} = \frac{0,1 * 690 * 0,35}{100} = 0,22$$

Для ВЛ 0,38 кВ с «д+ж/б» опорами:

$$V_{д0,38} = \frac{V_{\text{запас д+ж/60,38}} * l_{\Sigma \text{ВЛ}-0,38\text{кВ}} * K_{д0,38}}{100} = \frac{40 * 690 * 0,2}{100} = 49$$

$$V_{60,38} = \frac{V_{\text{запас 60,38}} * l_{\Sigma \text{ВЛ}-0,38\text{кВ}} * K_{д0,38}}{100} = \frac{0,4 * 690 * 0,2}{100} = 0,49$$

Для ВЛ 0,38 кВ с «ж/б» опорами

$$V_{60,38} = \frac{V_{\text{запас ж/60,38}} * l_{\Sigma \text{ВЛ}-0,38\text{кВ}} * K_{д0,38}}{100} = \frac{0,1 * 690 * 0,45}{100} = 0,28$$

где  $V_{\text{запас д10}}$ ,  $V_{\text{запас д+ж/610}}$ ,  $V_{\text{запас д0,38}}$ ,  $V_{\text{запас д+ж/60,38}}$  – соответственно нормы расхода древесины для ВЛ 10 кВ и ВЛ 0,38 кВ с «Д», «Д+ж/б» опорами, м<sup>3</sup>/100 км в год.

$V_{610}$ ,  $V_{60,38}$ , - нормы расхода бетона для ВЛ 10 кВ и ВЛ 0,38 кВ с «Д», «Д+ж/б» и «ж/б» опорами, м<sup>3</sup>/100 км в год.

к – доля «Д», «Д+ж/б» и «ж/б» опор на ВЛ 10 кВ и ВЛ 0,38 кВ

### 3.4 расчет резервного (аварийного) запаса материалов для ЛЭП В рассматриваемом РЭС 9 из 100 опор с элементами загнивания.

Эквивалентный диаметр опор $d_э$ , см		Время через которое необходима замена опор
ВЛ 10 кВ	ВЛ 0,38 кВ	
Менее 16,5	Менее 13,5	Через 1 год
16,5<d>17,5	13,5<d>14,5	Через 2 года
17,5<d>18,5	14,5<d>15,5	Через 3 года
Более 18,5	Более 15,5	Через 4 и более лет

$b=D_n - d_э$  – диаметр наружного

загнивания  $D_n$  – наружный диаметр опор

$a$  – диаметр внутреннего загнивания

Для опор ВЛ 10 кВ с наружным загниванием:

Для 1-й опоры

$$B_{cp} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} = \frac{5 + 2 + 4}{3} = 3,47 \text{ мм}$$

$$d_э = D_n - 2B_{cp} = 27 - 2 * 3,47 = 19,67 \text{ мм}$$

Для 2-й опоры

$$B_{cp} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} = \frac{4 + 4,5 + 4}{3} = 4,17 \text{ мм}$$

$$d_{\text{э}} = D_{\text{н}} - 2B_{\text{ср}} = 27 - 2 * 4,17 = 18,67 \text{ мм}$$

Для 3-й опоры

$$B_{\text{ср}} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} = \frac{4 + 5 + 5}{3} = 4,67 \text{ мм}$$

$$d_{\text{э}} = D_{\text{н}} - 2B_{\text{ср}} = 27 - 2 * 4,67 = 17,17 \text{ мм}$$

Для опор ВЛ 10 кВ с полным внутренним загниванием: Для 1-й опоры

$$A_{\text{ср}} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \frac{2 + 2 + 3}{3} = 2,33 \text{ мм}$$

$$d = D_{\text{н}} - 2A_{\text{ср}} = 27 - 2 * 2,33 = 22,33 \text{ мм}$$

$$d_{\text{э}} = \sqrt[3]{\frac{D_{\text{н}}^4 - d^4}{D_{\text{н}}}} k = \sqrt[3]{\frac{27^4 - 22,33^4}{27}} * 1 = 21,88 \text{ мм}$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий неоднородность твердости древесины в срубе опоры равный 1.

Для 2-й опоры

$$A_{\text{ср}} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \frac{4,5 + 4,5 + 5}{3} = 4,67 \text{ мм}$$

$$d = D_{\text{н}} - 2A_{\text{ср}} = 27 - 2 * 4,67 = 17,67 \text{ мм}$$

$$d_{\text{э}} = \sqrt[3]{\frac{D_{\text{н}}^4 - d^4}{D_{\text{н}}}} k = \sqrt[3]{\frac{27^4 - 17,67^4}{27}} * 1 = 25,24 \text{ мм}$$

Для 3-й опоры

$$A_{\text{ср}} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \frac{7 + 7 + 6}{3} = 6,67 \text{ мм}$$

$$d = D_{\text{н}} - 2A_{\text{ср}} = 27 - 2 * 6,67 = 13,67 \text{ мм}$$

$$d_{\text{э}} = \sqrt[3]{\frac{D_{\text{н}}^4 - d^4}{D_{\text{н}}}} k = \sqrt[3]{\frac{27^4 - 13,67^4}{27}} * 1 = 26,4 \text{ мм}$$

Для опор ВЛ 10 кВ с неполным внутренним загниванием:

Для 1-й опоры

$$A_{\text{ср}} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \frac{4 + 5 + 5}{3} = 4,67 \text{ мм}$$

$$B_{cp} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} = \frac{3 + 4 + 5}{3} = 4 \text{ мм}$$

$$d_1 = D_H - 2A_{cp} = 27 - 2 * 4,67 = 17,67 \text{ мм}$$

$$d_2 = D_H - 2B_{cp} = 27 - 2 * 4 = 19 \text{ мм}$$

$$d_3 = \sqrt[3]{d_1^3 + \frac{D_H^4 - d_2^4}{D_H} k} = \sqrt[3]{17,67^3 + \frac{27^4 - 19^4}{27} * 1} = 27,31 \text{ мм}$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий неоднородность твердости древесины в срубе опоры равный 1.

Для 2-й опоры

$$A_{cp} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \frac{3 + 4 + 4}{3} = 3,67 \text{ мм}$$

$$B_{cp} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} = \frac{4 + 2 + 4}{3} = 2,33 \text{ мм}$$

$$d_1 = D_H - 2A_{cp} = 27 - 2 * 3,67 = 19,67 \text{ мм}$$

$$d_2 = D_H - 2A_{cp} = 27 - 2 * 2,33 = 20,33 \text{ мм}$$

$$d_3 = \sqrt[3]{d_1^3 + \frac{D_H^4 - d_2^4}{D_H} k} = \sqrt[3]{19,67^3 + \frac{27^4 - 20,33^4}{27} * 1} = 27,57 \text{ мм}$$

Для 3-й опоры

$$A_{cp} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \frac{5 + 5 + 4}{3} = 4,67 \text{ мм}$$

$$B_{cp} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} = \frac{3 + 2 + 2}{3} = 2,33 \text{ мм}$$

$$d_1 = D_H - 2A_{cp} = 27 - 2 * 4,67 = 17,67 \text{ мм}$$

$$d_2 = D_H - 2B_{cp} = 27 - 2 * 2,33 = 22,33 \text{ мм}$$

$$d_3 = \sqrt[3]{d_1^3 + \frac{D_H^4 - d_2^4}{D_H} k} = \sqrt[3]{17,67^3 + \frac{27^4 - 22,33^4}{27} * 1} = 25,19 \text{ мм}$$

Для опор ВЛ 0,38кВ с наружным загниванием: Для 1-й опоры

$$B_{cp} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} = \frac{5 + 2 + 4}{3} = 3,67 \text{ мм}$$

$$d_э = D_H - 2B_{cp} = 23 - 2 * 3,67 = 15,67 \text{ мм}$$

Для 2-й опоры

$$B_{cp} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} = \frac{4 + 4,5 + 4}{3} = 4,17 \text{ мм}$$

$$d_э = D_H - 2B_{cp} = 23 - 2 * 4,17 = 14,67 \text{ мм}$$

Для 3-й опоры

$$B_{cp} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} = \frac{4 + 5 + 5}{3} = 4,67 \text{ мм}$$

$$d_э = D_H - 2B_{cp} = 23 - 2 * 4,67 = 13,67 \text{ мм}$$

Для опор ВЛ 0,38 кВ с полным внутренним загниванием:

Для 1-й опоры

$$A_{cp} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \frac{2 + 2 + 3}{3} = 2,33 \text{ мм}$$

$$d = D_H - 2A_{cp} = 23 - 2 * 2,33 = 18,33 \text{ мм}$$

$$d_э = \sqrt[3]{\frac{D_H^4 - d^4}{D_H}} k = \sqrt[3]{\frac{23^4 - 18,33^4}{23}} * 1 = 19,36 \text{ мм}$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий неоднородность твердости древесины в срубе опоры равный 1.

Для 2-й опоры

$$A_{cp} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \frac{4,5 + 4,5 + 5}{3} = 4,67 \text{ мм}$$

$$d = D_H - 2A_{cp} = 23 - 2 * 4,67 = 13,67 \text{ мм}$$

$$d_э = \sqrt[3]{\frac{D_H^4 - d^4}{D_H}} k = \sqrt[3]{\frac{23^4 - 13,67^4}{23}} * 1 = 22 \text{ мм}$$

Для 3-й опоры

$$A_{cp} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \frac{7 + 7 + 6}{3} = 6,67 \text{ мм}$$

$$d = D_H - 2A_{cp} = 23 - 2 * 6,67 = 9,67 \text{ мм}$$

$$d_э = \sqrt[3]{\frac{D_H^4 - d^4}{D_H}} k = \sqrt[3]{\frac{23^4 - 9,67^4}{23}} * 1 = 22,76 \text{ мм}$$

Для опор ВЛ 0,38 кВ с неполным внутренним загниванием:

Для 1-й опоры

$$A_{\text{ср}} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \frac{4 + 5 + 5}{3} = 4,67 \text{ мм}$$

$$B_{\text{ср}} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} = \frac{3 + 4 + 5}{3} = 4 \text{ мм}$$

$$d_1 = D_{\text{н}} - 2A_{\text{ср}} = 23 - 2 * 4,67 = 13,67 \text{ мм}$$

$$d_2 = D_{\text{н}} - 2B_{\text{ср}} = 23 - 2 * 4 = 15 \text{ мм}$$

$$d_3 = \sqrt[3]{d_1^3 + \frac{D_{\text{н}}^4 - d_2^4}{D_{\text{н}}}} k = \sqrt[3]{13,67^3 + \frac{23^4 - 15^4}{23} * 1} = 23,22 \text{ мм}$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий неоднородность твердости древесины в срубе опоры равный 1.

Для 2-й опоры

$$A_{\text{ср}} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \frac{3 + 4 + 4}{3} = 3,67 \text{ мм}$$

$$B_{\text{ср}} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} = \frac{4 + 2 + 4}{3} = 3,33 \text{ мм}$$

$$d_1 = D_{\text{н}} - 2A_{\text{ср}} = 23 - 2 * 3,67 = 15,67 \text{ мм}$$

$$d_2 = D_{\text{н}} - 2A_{\text{ср}} = 23 - 2 * 3,33 = 16,33 \text{ мм}$$

$$d_3 = \sqrt[3]{d_1^3 + \frac{D_{\text{н}}^4 - d_2^4}{D_{\text{н}}}} k = \sqrt[3]{15,67^3 + \frac{23^4 - 16,33^4}{23} * 1} = 23,46 \text{ мм}$$

Для 3-й опоры

$$A_{\text{ср}} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \frac{5 + 5 + 4}{3} = 4,67 \text{ мм}$$

$$B_{\text{ср}} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} = \frac{3 + 2 + 2}{3} = 2,33 \text{ мм}$$

$$d_1 = D_{\text{н}} - 2A_{\text{ср}} = 23 - 2 * 4,67 = 13,67 \text{ мм}$$

$$d_2 = D_{\text{н}} - 2B_{\text{ср}} = 23 - 2 * 2,33 = 18,33 \text{ мм}$$

$$d_3 = \sqrt[3]{d_1^3 + \frac{D_{\text{н}}^4 - d_2^4}{D_{\text{н}}}} k = \sqrt[3]{13,67^3 + \frac{23^4 - 18,33^4}{23} * 1} = 21,41 \text{ мм}$$

Определяем какой объем древесины необходим для замены опор ЛЭП (по годам).

Определяем количество деревянных опор на ВЛ 10 кВ и ВЛ 0,38 кВ

$$n_{\text{дер.опор}10} = l_{\Sigma \text{ВЛ} - 10\text{кВ}} * k_{\text{д}10} * 18 = 690 * 0,2 * 13 = 1587$$

$$n_{\text{дер.опор}0,38} = l_{\Sigma \text{ВЛ} - 0,38\text{кВ}} * k_{\text{д}0,38} * 30 = 690 * 0,35 * 30 = 6408 \text{ где}$$

13 и 30 количество опор на 1 км на ВЛ 10 кВ и ВЛ 0,38 кВ

Определяем количество деревянных опор, подлежащих замене на ВЛ 10 кВ

Через 4 и более года

$$n_{\text{непригодных опор}10} = n_{\text{дер.опор}10} * \frac{n_{\text{зам}10}}{100} = 1587 * \frac{8}{100} = 127_{\text{шт}}$$

Через 2 года

$$n_{\text{непригодных опор}10} = n_{\text{дер.опор}10} * \frac{n_{\text{зам}10}}{100} = 1587 * \frac{1}{100} = 16_{\text{шт}}$$

где  $n_{\text{зам}10}$  и  $n_{\text{зам}0,38}$  количество опор из 9 на ВЛ 10 кВ подлежащих замене.

Определяем количество деревянных опор, подлежащих замене на ВЛ 0,38 кВ

Через 4 и более года

$$n_{\text{непригодных опор}0,38} = n_{\text{дер.опор}0,38} * \frac{n_{\text{зам}0,38}}{100} = 6408 * \frac{7}{100} = 449_{\text{шт}}$$

Через 2 года

$$n_{\text{непригодных опор}10} = n_{\text{дер.опор}10} * \frac{n_{\text{зам}10}}{100} = 6408 * \frac{2}{100} = 129_{\text{шт}}$$

Определяем объем древесины, необходимый для замены опор на ВЛ 10 кВ и ВЛ 0,38 кВ

Через 4 и более

$$V_{\text{дер} 10} = V'_{10} * n_{\text{непригодных опор}10} = 0,45 * 127 = 56$$

$$V_{\text{дер} 0,38} = V'_{0,38} * n_{\text{непригодных опор}0,38} = 0,35 * 449 = 158$$

Через 2 года

$$V_{\text{дер} 10} = V'_{10} * n_{\text{непригодных опор}10} = 0,45 * 16 = 8$$

$$V_{\text{дер} 0,38} = V'_{0,38} * n_{\text{непригодных опор}0,38} = 0,35 * 129 = 46$$

$V'_{10}$  – средний объем одной опоры для ВЛ – 10кВ  $V'_{0,38}$

– средний объем одной опоры на ВЛ – 0,38 кВ

### 3.5 определяем потребность в технике для обслуживания РЭС

Нормативы потребности в машинах, механизмах и транспортных средствах :



На 2250 км ВЛ 0,38 – 10 кВ и 450 ТП 10/0,4 кВ должно приходиться  
5,94 – автомобиля

6,6 – спецмеханизмов на автомобилях

2,92 – тракторов и экскаваторов

6,24 – прицепов с механизмами

Определяем коэффициент пересчета

$$K_{\text{пер}} = \frac{\frac{l_{\Sigma \text{ВЛ}-10 \text{кВ}} + l_{\Sigma \text{ВЛ}-0,38 \text{кВ}}}{2250} + \frac{N_{\text{ТП } 10/0,4}}{450}}{2} = \frac{\frac{690 + 690}{2250} + \frac{84 * 6}{450}}{2} = 0,83$$

Определяем количество автомобилей в РЭС

$$n_{\text{авт}} = 5$$

В том числе

- ГАЗ – 52 (или ГАЗ-52) - 2

- ЗИЛ -131 или УРАЛ – 357, КАМАЗ – 4320 - 1

- легковые автомобили – 2

Определяем количество спецмеханизмов на автомобилях

$$n_{\text{спец}} = 6$$

В том числе:

- автокраны – 1

- автобуры – 1

- телескопическая вышка -1

- автогидропогрузчик – 1

- электромеханическая мастерская - 1

- автолабораторные на ГАЗ 66 – 0

- электролабораторные типа ЛТЛ-10 -1

Определяем количество тракторов и экскаваторов

$$n_{\text{тр}} = 3$$

В том числе:

- трактор гусеничный с тяговым усилием 6-10 т – 1

- трактор колесный Т-150К -1

- трактор Беларусь (экскаватор-бульдозер) – 1

Определяем количество прицепов с механизмами на их базе

$$n_{\text{пр}} = 6$$

В том числе:

- автоприцеп одноосный – 2
- тракторный прицеп трехосный – 1
- опоровоз саморазгружающейся – 1
- прицеп с электростанцией – 1
- передвижной компрессор – 1

#### **4. Реконструкция фидеров 10 кВ с целью повышения надежности электроснабжения.**

##### **4.1 Расстановка секционирующих разъединителей.**

Разъединители в сети с  $U_n$  равным 10 кВ устанавливаются на магистрали для ограничения длины участка по 3,5 км, включая ответвления. На ответвлениях при длине более 2,5 км также ставится разъединитель.

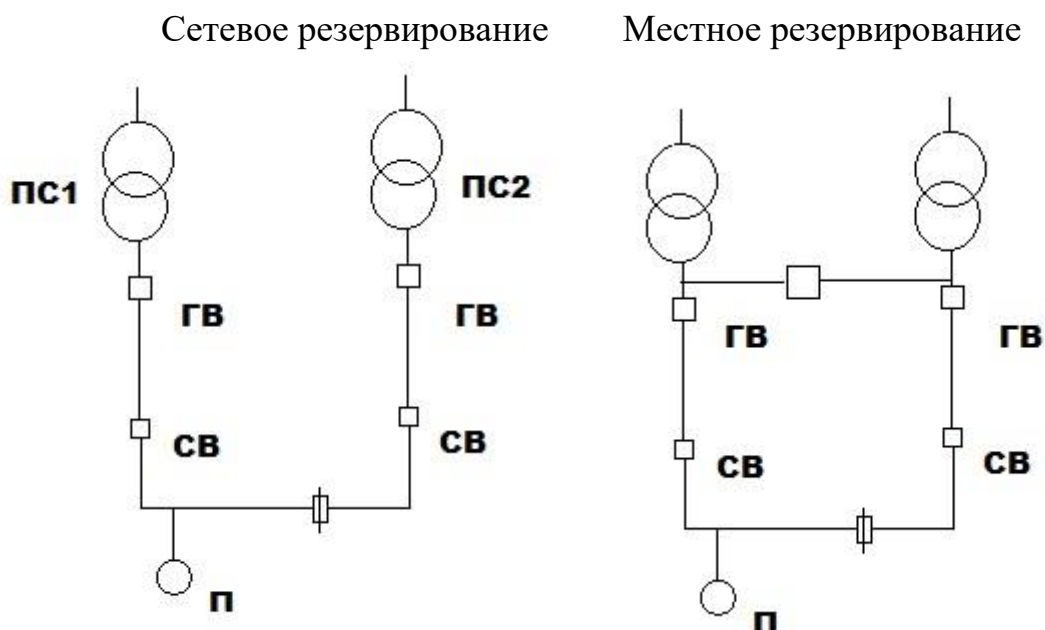
##### **4.2 Обеспечение надежности электроснабжения потребителей I категории.**

К I-категории относятся потребители, перерыв в электроснабжении которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб хозяйству, повреждение дорогостоящего оборудования.

Перерыв в электроснабжении потребителей первой категории от одного из источников допускается только на время автоматического восстановления питания.

Такие потребители могут иметь сетевое резервирование от ВЛ, питающейся от другой подстанции 110/10 кВ, или местное резервирование от той же подстанции 110/10 кВ. Местное резервирование выполняется в случае если

$$l_{рез} < l_{вых} + 0,5 \text{ км}$$



#### 4.3 Обеспечение потребителей II категории надежным электроснабжением.

Ко второй категории относятся потребители, перерыв в электроснабжении которых приводит к массовому простоя рабочих и механизмов и недопуску продукции, нарушенной деятельности значительного числа городских и с/х жителей.

Для потребителей II категории с расчетной нагрузкой 120 кВт и более должна применяться схема с двусторонним питанием.

Для питания потребителей второй категории мощностью 250 кВА и более применяют двухтрансформаторные подстанции.

#### 4.4 Расстановка секционирующих выключателей.

Выбор количества секционирующих выключателей производят по номограмме, демонстрирующей зависимость количества секционирующих выключателей от суммарной мощности и суммарной длины линии.

Между двумя выключателями суммарная длина не должна превышать 12 км.

Примерное место размещения устройства выбирают между точками, одна из которых делит линию на равные части по мощности, другая – по длине

## **Библиографический список**

1. Будзко И.А. Зуль Н.М. Электроснабжение сельского хозяйства-М  
Агропромиздат ,1990 г
2. Будзко И.А. Левин М.С. Электроснабжение сельскохозяйственных  
предприятий и населенных пунктов –М : Агропромиздат, 1985 г
3. Пятистолов А.А. ,Ерошенко Г.П. эксплуатация электрооборудования –  
М;Агропромиздат 1990 г
4. Андриевский В.Н. , Голованов А.Т., Зеличенко А.С. Эксплуатация  
воздушных линий электропередачи. – М: Энергия 1976
5. Селивахин А.И., Сагутдинов Р.Ш. Эксплуатация электрических  
распределительных сетей – М : 1990