

## Расчет сети электроснабжения строительной площадки (пример).

На строительной площадке производственного здания, стройгенплан которого приведен на рисунке 1 установлены:

башенный кран КБ 308 – 1, сварочные трансформатор СТШ-250 – 8,9, светильники ККУОЗ-10000-0.01x1 – 3,11, светильник ККУОЗ-20000-0.01x1 – 4,6,7, светильник ГСП 17-2000-024 – 5, машина для подачи раствора СО-171 – 2, диспергатор – 10, машина для подогрева и подачи мастики на кровлю СО-100А - 12.

Технические данные электрооборудования приведены в таблице 1.

Необходимо определить:

- 1) расчетную электрическую мощность, потребляемую строительной площадкой;
- 2) мощность, тип и месторасположение трансформаторной подстанции;
- 3) рассчитать токи, потребляемые каждым электроприемником, выбрать плавкие предохранители для защиты всех потребителей, марки силовых распределительных шкафов (щитов);
- 4) нанести на стройгенплане схему электрических сетей;
- 5) выбрать сечение всех проводов (жил кабелей), питающих потребителей строительной площадки и проверить сечение на допустимое отклонение напряжения (для всех потребителей строительной площадки).

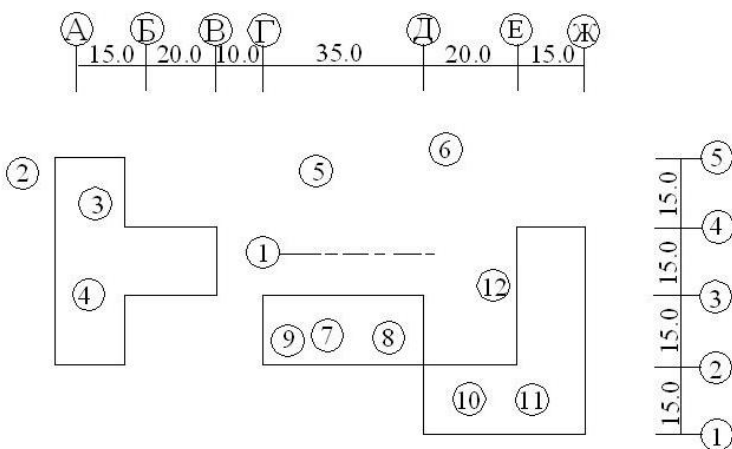


Рисунок 1 – План размещения объектов на стройплощадке

## ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

1. Для определения расчетной мощности, потребляемой каждым электроприемником стройплощадки, разобьем все механизмы на характерные с точки зрения электрооборудования группы.

*Таблица 1 – Технические характеристики электрооборудования, машин и механизмов*

Номер на плане	Наименование и тип механизма	Установленная (паспортная) мощность, кВт	Коэффициент спроса ( $K_c$ )	Коэффициент мощности ( $\cos\varphi$ )	ПВ	$I_{пуск}$ Ином
1	Башенный кран КБ 308	30; 5; 7,5; 2х6,3; 2,2	0,35	0,71	0,25	5,7
2	Машина для подачи раствора СО-171	7,5	0,5	0,7	1	7,5
3,11	Светильник ККУ03-10000-001x1	10	0,5	1	1	-
8,9	Сварочный трансформатор СТПШ-250	15,3	0,3	0,57	0,6	-
5	Светильник ГСП 17-2000-024	2	0,45	1	1	-
4,6, 7	Светильник ККУ03-20000-001x1	20	0,6	1	1	-
10	Диспергатор	7,5	0,3	0,85	1	7,5
12	Машина для подогрева и подачи мастики на кровлю СО-100А	45;15	0,5	0,95	1	4

Определение расчетной электрической мощности потребляемой строительной площадкой.

Разобьем все электроприемники на 4 группы:

1. Трехфазные двигатели длительного режима, для которого  $P_n = P_{\text{пасп}}$ . Цифра индекса указывает номер потребителя

$$P_{n2} = P_2 \quad P_{n2} = 7,5 \quad \text{кВт}$$

$$P_{n10} = P_{10} \quad P_{n10} = 7,5 \quad \text{кВт}$$

$$P_{n12} = P_{12} \quad P_{n12} = 60 \quad \text{кВт}$$

2. Электродвигатели повторно-кратковременного режима

$$P_n = P_{\text{пасп}} \cdot \sqrt{\text{ПВ}}$$

$$P_{n1} = P_1 \cdot \sqrt{\text{ПВ}1} \quad P_{n1} = 28,65 \quad \text{кВт}$$

3. Однофазные электроприёмники повторно-кратковременного режима.

$$P_{n8} = P_8 \cdot \sqrt{\text{ПВ}8} \quad P_{n8} = 11,85 \quad \text{кВт}$$

$$P_{n9} = P_9 \cdot \sqrt{\text{ПВ}8} \quad P_{n9} = 11,85 \quad \text{кВт}$$

4. Осветительные установки.

$$P_{n.\text{осв}} = P_{\text{осв}}$$

$$P_{n3} = P_3 \quad P_{n3} = 10 \quad \text{кВт}$$

$$P_{n11} = P_{11} \quad P_{n11} = 10 \quad \text{кВт}$$

$$P_{n6} = P_6 \quad P_{n6} = 20 \quad \text{кВт}$$

$$P_{n4} = P_4 \quad P_{n4} = 20 \quad \text{кВт}$$

$$P_{n7} = P_7 \quad P_{n7} = 20 \quad \text{кВт}$$

$$P_{n5} = P_5 \quad P_{n5} = 2 \quad \text{кВт}$$

Определим расчетную активную и реактивную мощности каждого потребителя

$$P_p = K_c \cdot P_H \quad Q_p = P_p \cdot \tan(\phi) = P_p \cdot \frac{\sin(\phi)}{\cos(\phi)} = P_p \cdot \frac{\sqrt{1 - \cos^2(\phi)}}{\cos(\phi)}$$

$P_{p1} = K_{c1} \cdot P_{H1}$	$P_{p1} = 10,03$ кВт	$Q_p = P_{p1} \cdot \frac{\sqrt{1 - 0,71^2}}{0,71}$	$Q_{p1} = 9,95$ квар
$P_{p2} = K_{c2} \cdot P_{H2}$	$P_{p2} = 3,75$ кВт	$Q_p = P_{p2} \cdot \frac{\sqrt{1 - 0,7^2}}{0,7}$	$Q_{p2} = 3,82$ квар
$P_{p3} = K_{c3} \cdot P_{H3}$	$P_{p3} = 5$ кВт	$Q_p = P_{p3} \cdot \frac{\sqrt{1 - 1^2}}{1}$	$Q_{p3} = 0$ квар
$P_{p4} = K_{c4} \cdot P_{H4}$	$P_{p4} = 12$ кВт	$Q_p = P_{p4} \cdot \frac{\sqrt{1 - 1^2}}{1}$	$Q_{p4} = 0$ квар
$P_{p5} = K_{c5} \cdot P_{H5}$	$P_{p5} = 0,9$ кВт	$Q_p = P_{p5} \cdot \frac{\sqrt{1 - 1^2}}{1}$	$Q_{p5} = 0$ квар
$P_{p6} = K_{c6} \cdot P_{H6}$	$P_{p6} = 12$ кВт	$Q_p = P_{p6} \cdot \frac{\sqrt{1 - 1^2}}{1}$	$Q_{p6} = 0$ квар
$P_{p7} = K_{c7} \cdot P_{H7}$	$P_{p7} = 12$ кВт	$Q_p = P_{p7} \cdot \frac{\sqrt{1 - 1^2}}{1}$	$Q_{p7} = 0$ квар
$P_{p8} = K_{c8} \cdot P_{H8}$	$P_{p8} = 3,56$ кВт	$Q_p = P_{p8} \cdot \frac{\sqrt{1 - 0,57^2}}{0,57}$	$Q_{p8} = 5,13$ квар
$P_{p9} = K_{c9} \cdot P_{H9}$	$P_{p9} = 3,56$ кВт	$Q_p = P_{p9} \cdot \frac{\sqrt{1 - 0,57^2}}{0,57}$	$Q_{p9} = 5,13$ квар
$P_{p10} = K_{c10} \cdot P_{H10}$	$P_{p10} = 2,25$ кВт	$Q_p = P_{p10} \cdot \frac{\sqrt{1 - 0,85^2}}{0,85}$	$Q_{p10} = 1,39$ квар
$P_{p11} = K_{c11} \cdot P_{H11}$	$P_{p11} = 5$ кВт	$Q_p = P_{p11} \cdot \frac{\sqrt{1 - 1^2}}{1}$	$Q_{p11} = 0$ квар
$P_{p12} = K_{c12} \cdot P_{H12}$	$P_{p12} = 30$ кВт	$Q_p = P_{p12} \cdot \frac{\sqrt{1 - 0,95^2}}{0,95}$	$Q_{p12} = 9,86$ квар

Расчетная суммарная активная мощность строительной площадки, где  $K_M$ - коэффициент участия в получасовом максимуме нагрузки, для строительной площадки ( $K_M=0,75 \dots 0,8$ ).

$$P_p = K_m \sum_{i=1}^{12} P_{pi}$$

$$K_m=0,8$$

$$P_p := P_{p1} + P_{p2} + P_{p3} + P_{p4} + P_{p5} + P_{p6} + P_{p7} + P_{p8} + P_{p9} + P_{p10} + P_{p11} + P_{p12}$$

$$P_p = 80,04 \text{ кВт}$$

Расчетная суммарная реактивная мощность строительной площадки, где  $K_m$ - коэффициент участия в получасовом максимуме нагрузки, для строительной площадки ( $K_m=0,75 \dots 0,8$ ).

$$Q_p = K_m \sum_{i=1}^{12} Q_{pi}$$

$$K_m=0,8$$

$$Q_p := Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + Q_{p5} + Q_{p6} + Q_{p7} + Q_{p8} + Q_{p9} + Q_{p10} + Q_{p11} + Q_{p12}$$

$$Q_p = 28,22 \text{ квар}$$

Таблица 2-Расчетные мощности механизмов

Номер на плане	Наименование и тип механизма	P <sub>н</sub> , установленная мощность, приведенная к ПВ=1, кВт	Расчетная мощность	
			P <sub>p</sub> , кВт	Q <sub>p</sub> , квар
1	Башенный кран КБ 308	28,65	10,03	9,95
2	Машина для подачи раствора СО-171	7,5	3,75	3,82
3,11	Светильник ККУ03-10000-001x1	10	5	0
8,9	Сварочный трансформатор СТПШ-250	11,85	3,56	5,13
5	Светильник ГСП 17-2000-024	2	0,9	0
4,6,7	Светильник ККУ03-20000-001x1	20	12	0
10	Диспергатор	7,5	2,25	1,39
12	Машина для подогрева и подачи мастики на кровлю СО-100А	60	30	9,86

## 2. Выбор мощности, тип и места расположения трансформаторной подстанции.

Для оценки величины реактивной мощности применяют средневзвешенный коэффициент реактивной мощности. Средневзвешенный тангенс угла сдвига фаз определяется по формуле:

$$\operatorname{tg}(\varphi_c) = \frac{Q_p}{P_p}$$

Если  $\operatorname{tg}\varphi_c > 0,42$  ( $\varphi > 23$ ) и мощность  $P_p \geq 100$  кВт, то устанавливается компенсирующее устройство – автоматизированную конденсаторную установку

$$Q_k = P_p(\operatorname{tg}\varphi_c - \operatorname{tg}\varphi_2)$$

где  $\operatorname{tg}\varphi_2$  – коэффициент реактивной мощности после компенсации, в условиях строительного производства,  $\operatorname{tg}\varphi_2 = 0,32 \dots 0,42$  (принимается  $\operatorname{tg}\varphi_2 = 0,35$ ).

$$\text{У нас } \operatorname{tg}\varphi_c = 0,35 \text{ и } P_p = 80,04 \text{ кВт}$$

Следовательно, нет необходимости устанавливать компенсирующее устройство.

Полная мощность строительной площадки:

$$S = \sqrt{(1,05 P_p)^2 + (Q_p)^2} \quad S = 88,65 \text{ кВА}$$

где 1,05-коэффициент, учитывающий запас активной мощности (5%) необходимый для покрытия потерь в электрической сети строительной площадки.

Такую мощность может обеспечить комплектная трансформаторная подстанция КТПУ-100-10-0,4У3 с  $S_T = 100$  кВт

Коэффициент загрузки установленного трансформатора находится по формуле:

$$\beta = \frac{S}{S_T} \quad \beta = 0,89$$

Таблица 3-Координаты электроприемников на плане

Координаты и расчетная мощность на плане	Номер приемника на генплане											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X <sub>i</sub> , м	65	13	29	27	76	104	79	92	70	110	123	115
Y <sub>i</sub> , м	50	67	60	40	67	72	32	31	30	17	18	43
P <sub>i</sub> , кВт	10	3,7	5	12	0,9	12	12	3,6	3,6	2,3	5	30

Минимальные потери напряжения и мощности в электрической сети строительной площадки будут в случае расположения ТП в центре электрических нагрузок.

Теоретические координаты центра электрических нагрузок определяются из выражений:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_{pi} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^{12} P_{pi}} \quad Y = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_{pi} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^{12} P_{pi}}$$

Если теоретический центр электрических нагрузок попадает в зону действия башенного крана, на здание или сооружение, то местоположение трансформаторной подстанции необходимо переместить из запретной зоны таким образом, чтобы ТП была максимально приближена к теоретическому центру нагрузок.

$$X=83,23 \text{ м}$$

$$Y=44,69 \text{ м}$$

При этом учитывается, что восемь потребителей не могут быть запитаны непосредственно от ТП, имеющей только четыре отходящих кабеля. Поэтому кроме ТП, на стройплощадке необходимо установить еще не менее двух РШ. Марки шкафов выберем после определения расчетных токов электроприемников и номинальных токов плавких вставок предохранителей.

### Расчет токов и выбор предохранителей.

Разбиваем всех потребителей на две группы:

1.Трехфазные приемники, включаемые на линейное напряжение. Для трехфазных потребителей расчетные ток определяется из следующего выражения:

$$I_P = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos(\phi)}$$

где  $I_P$  - расчетный ток электроприемника, А;  $P_H$ ,  $U_H$ ,  $\cos\phi$  – номинальные мощности, Вт, напряжения, В, и коэффициента мощности электроприемника (приводятся в технических характеристиках электрооборудования).

$$U_H = 380 \text{ В}$$

$$U_\phi = 220 \text{ В}$$

$$I_{P2} = \frac{P_{H2}}{\sqrt{3} \cdot U_{H2} \cdot \cos(\phi_2)} \quad I_{P2} = 16,28 \quad \text{А}$$

$$I_{P12} = \frac{P_{H12}}{\sqrt{3} \cdot U_{H12} \cdot \cos(\phi_{12})} \quad I_{P12} = 96,07 \quad \text{А}$$

$$I_{P10} = \frac{P_{H10}}{\sqrt{3} \cdot U_{H10} \cdot \cos(\phi_{10})} \quad I_{P10} = 13,42 \quad \text{А}$$

Провода и кабели, выбранные по расчетному току, могут испытывать нагрузки, значительно превышающие допустимые из-за перегрузок электроприемников, возникновение однофазных и многофазных коротких замыканий. Для защиты электрических сетей в аварийных режимах применяют плавкие предохранители. При защите электродвигателей с небольшой частотой пуска и малой длительностью разгона (насосы, вентиляторы, компрессоры, станки) ток плавкой вставки предохранителя находится по формуле:

$$I_{ист} \geq \frac{I_{п}}{2,5}$$

где  $I_{п}$  – пусковой ток, А

Пусковой ток двигателя определяется по формуле:

$$I_{п} = I_P \cdot K_T$$



где  $I_n = I_n$  – номинальный, паспортный ток двигателя, А

$$K_I = \frac{I_{II}}{I_n}$$

- кратность пускового тока двигателя, приводится в технических характеристиках оборудования

$$I_{II2} = I_{p2} \cdot K_{I2} \quad I_{II2} = 122,1 \quad \text{А} \quad I_{вст2} = \frac{I_{II2}}{2,5} \quad I_{вст2} = 48,84 \quad \text{А}$$

$$I_{II10} = I_{p10} \cdot K_{II10} \quad I_{II10} = 100,65 \quad \text{А} \quad I_{вст10} = \frac{I_{II10}}{2,5} \quad I_{вст10} = 40,26 \quad \text{А}$$

$$I_{II12} = I_{p12} \cdot K_{II12} \quad I_{II12} = 384,28 \quad \text{А} \quad I_{вст12} = I_{II12}/2,5 \quad I_{вст12} = 153,6 \quad \text{А}$$

### Расчет тока для башенного крана.

Башенный кран является многодвигательным агрегатом: подъем груза – двигатель мощностью 30 кВт; поворот стрелы – двигатель мощностью 5 кВт; подъем стрелы – двигатель мощностью 7,5 кВт; два двигателя перемещения крана мощностью по 6,3 кВт.

Машинист башенного крана одновременно может выполнять не более двух операций (по правилам госгортехнадзора), следовательно будем считать, что одновременно могут работать два наиболее мощных электродвигателя – подъем груза и подъем стрелы. Тогда расчетные токи двигателей подъема груза  $I_{pk1}$  и подъема стрелы  $I_{pk3}$  определяются по формуле для трехфазных приемников, включаемых на линейное напряжение. Они будут равны:

$$I_{pk1} = \frac{P_{HK1}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos(\phi_1)} \quad I_{pk1} = 64,2 \quad \text{А}$$

$$I_{pk3} = \frac{P_{HK3}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos(\phi_3)} \quad I_{pk3} = 16,05 \quad \text{А}$$

$$I_{p0} = I_{pk1} + I_{pk3} \quad I_{p0} = 80,25 \quad \text{А}$$

Пусковой ток главного двигателя (подъемной стрелы) будет равен:

$$I_{II1} = I_{p0} \cdot K_{II1} \quad I_{II1} = 365,94 \quad \text{А}$$

Тогда ток плавкой вставки для защиты электрооборудования крана найдем по формуле:

$$I_{\text{вст}} \geq \frac{I_{\text{пг}} + \sum_i I_{\text{рki}}}{2,5}$$

где  $I_{\text{пг}}$  – пусковой ток самого мощного (главного) двигателя в механизме, А  
 $I_{\text{рki}}$  – расчетные токи остальных двигателей, работающих в номинальном режиме, А

$$I_{\text{вст}} = \frac{I_{\text{п1}} + I_{\text{рк1}} + I_{\text{рк3}}}{2,5} \quad I_{\text{вст}} = 178,48 \quad \text{А}$$

2. Электроприемники, включаемые на фазное напряжение (сварочный трансформатор и прожекторные установки). Для однофазных потребителей расчетный ток определяется из следующего выражения:

$$I_{\text{р}} = \frac{P_{\text{н}}}{U_{\text{ф}} \cdot \cos(\phi)}$$

где  $I_{\text{р}}$  – расчетный ток электроприемника, А

$P_{\text{н}}$  – номинальные значения мощности, Вт

$\cos(\phi)$  – коэффициент мощности электроприемника

$U_{\text{ф}}$  – фазное напряжение, В, соответствующее линейному (номинальному) напряжению (приводятся в технических характеристиках электрооборудования).

$$I_{\text{р3}} = \frac{P_{\text{н3}}}{U_{\text{ф}} \cdot \cos(\phi_3)} \quad I_{\text{р3}} = 45,45 \quad \text{А}$$

$$I_{\text{р4}} = \frac{P_{\text{н4}}}{U_{\text{ф}} \cdot \cos(\phi_4)} \quad I_{\text{р4}} = 90,91 \quad \text{А}$$

$$I_{\text{р5}} = \frac{P_{\text{н5}}}{U_{\text{ф}} \cdot \cos(\phi_5)} \quad I_{\text{р5}} = 9,09 \quad \text{А}$$

$$I_{\text{р6}} = \frac{P_{\text{н6}}}{U_{\text{ф}} \cdot \cos(\phi_6)} \quad I_{\text{р6}} = 90,91 \quad \text{А}$$

$$I_{p7} = \frac{P_{H7}}{U_{\phi} \cdot \cos(\phi7)} \quad I_{p7} = 90,91 \quad A$$

$$I_{p8} = \frac{P_{H8}}{U_{\phi} \cdot \cos(\phi8)} \quad I_{p8} = 30,7 \quad A$$

$$I_{p9} = \frac{P_{H9}}{U_{\phi} \cdot \cos(\phi9)} \quad I_{p9} = 30,7 \quad A$$

$$I_{p11} = \frac{P_{H11}}{U_{\phi} \cdot \cos(\phi11)} \quad I_{p11} = 45,45 \quad A$$

Номинальный ток плавкой вставки для защиты линий, питающих потребителей без пусковых токов выбираются из условия:

$$I_{вст} \geq 1,2 \cdot I_p$$

$$I_{вст3} = 1,2 \cdot I_{p3} \quad I_{вст3} = 54,54 \quad A$$

$$I_{вст4} = 1,2 \cdot I_{p4} \quad I_{вст4} = 109,1 \quad A$$

$$I_{вст5} = 1,2 \cdot I_{p5} \quad I_{вст5} = 10,91 \quad A$$

$$I_{вст6} = 1,2 \cdot I_{p6} \quad I_{вст6} = 109,1 \quad A$$

$$I_{вст7} = 1,2 \cdot I_{p7} \quad I_{вст7} = 109,1 \quad A$$

$$I_{вст8} = 1,2 \cdot I_{p8} \quad I_{вст8} = 36,84 \quad A$$

$$I_{вст9} = 1,2 \cdot I_{p9} \quad I_{вст9} = 36,84 \quad A$$

$$I_{вст11} = 1,2 \cdot I_{p11} \quad I_{вст11} = 54,54 \quad A$$

Таблица 4 – Аппараты защиты линий сети стройплощадки

Номер на плане	Наименование и тип механизма	Расчетный ток, $I_p$ , А	Расчетный ток плавкой вставки, А	Предохранитель	
				Тип	Номинальный ток, А
1	Башенный кран КБ 308	64,2	178,48	ПН2-250	200
2	Машина для подачи раствора СО-171	16,28	48,84	ПН2-100	50
3,11	Светильник ККУ03-10000-001x1	45,45	54,54	ПН2-100	63
8,9	Сварочный трансформатор СТШ-250	30,7	36,84	ПН2-100	40
5	Светильник ГСП 17-2000-024	9,09	10,91	НПН2-60	16
4,6,7	Светильник ККУ03-20000-001x1	90,91	109,1	ПН2-250	125
10	Диспергатор	13,42	40,26	ПН2-100	63
12	Машина для подогрева и подачи мастики на кровлю СО-100А	96,07	156,8	ПН2-250	200

Потребители 6 и 12 питаем от трансформаторной подстанции. Остальные потребители разбиваем на две группы 1,2,3,4,5 и 7,8,9,10,11, для них выбираем два РШ типа ШР 11-73510-54У3 с выводами 2x60+4x100+2x250.

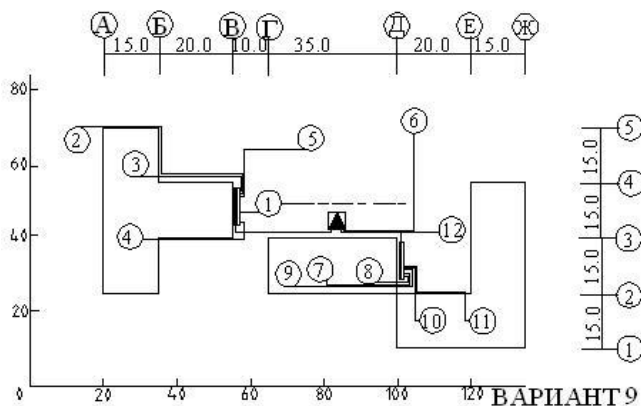


Рисунок 2 – Схема внутренних электрических сетей

## Выбор сечения проводов.

Выбираем:

Таблица 5 – Сечение жил кабелей распределительной сети стройплощадки

Номер на плане	Наименование и тип механизма	Расчетный ток, I <sub>p</sub> , А	Сечение жилы, мм	Допускаемый ток, А	Сопротивление r <sub>0</sub> , Ом/км
1	Башенный кран КБ 308	64,2	16	80	1,08
2	Машина для подачи раствора СО-171	16,28	1,5	19	11,5
3,11	Светильник ККУ03-10000-001x1	45,45	10	60	1,72
8,9	Сварочный трансформатор СТП-250	30,7	4	35	4,3
5	Светильник ГСП 17-2000-024	9,09	2,5	25	6,9
4,6,7	Светильник ККУ03-20000-001x1	90,91	25	115	0,69
10	Диспергатор	13,42	1,5	19	11,5
12	Машина для подогрева и подачи мастики на кровлю СО-100А	96,07	25	115	0,69

Потери напряжения в линии для однофазных нагрузок определяются по формуле:

$$\Delta U = \frac{2 \cdot I_p \cdot I \cdot (r_0 \cdot \cos(\phi) + x_0 \cdot \sin(\phi))}{U_\phi} \cdot 100\%$$

Потери напряжения в линии для трехфазных нагрузок определяются по формуле:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot I \cdot (r_0 \cdot \cos(\phi) + x_0 \cdot \sin(\phi))}{U_H} \cdot 100\%$$

где  $I_p$  – расчетный ток,  $I$  – длина линии, км;

$U_\phi$ ,  $U_H$  – соответственно напряжение однофазной и номинальное напряжение трехфазной линии, В;

$r_0$ ,  $x_0$  – активное и индуктивное сопротивление однофазного провода, Ом ( $x_0=0,07$  Ом/м,  $r_0$  – зависит от сечения и материала проводника).

Определим потери напряжения для всех кабелей:

$$\Delta U_1 = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{p1} \cdot I_1 \cdot (r_{01} \cdot \cos(\phi_1) + x_0 \cdot \sin(\phi_1))}{U_H} \cdot 100\% \quad \Delta U_1 = 0,128 \%$$

$$\Delta U_2 = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{p2} \cdot I_2 \cdot (r_{02} \cdot \cos(\phi_2) + x_0 \cdot \sin(\phi_2))}{U_H} \cdot 100\% \quad \Delta U_2 = 3,72 \%$$

$$\Delta U_3 = \frac{2 \cdot I_{p3} \cdot I_3 \cdot (r_{03} \cdot \cos(\phi_3) + x_0 \cdot \sin(\phi_3))}{U_\phi} \cdot 100\% \quad \Delta U_3 = 2,25 \%$$

$$\Delta U_4 = \frac{2 \cdot I_{p4} \cdot I_4 \cdot (r_{04} \cdot \cos(\phi_4) + x_0 \cdot \sin(\phi_4))}{U_\phi} \cdot 100\% \quad \Delta U_4 = 1,75 \%$$

$$\Delta U_5 = \frac{2 \cdot I_{p5} \cdot I_5 \cdot (r_{05} \cdot \cos(\phi_5) + x_0 \cdot \sin(\phi_5))}{U_\phi} \cdot 100\% \quad \Delta U_5 = 1,64 \%$$

$$\Delta U_6 = \frac{2 \cdot I_{p6} \cdot I_6 \cdot (r_{06} \cdot \cos(\phi_6) + x_0 \cdot \sin(\phi_6))}{U_\phi} \cdot 100\% \quad \Delta U_6 = 2,38 \%$$

$$\Delta U_7 = \frac{2 \cdot I_{p7} \cdot I_7 \cdot (r_{07} \cdot \cos(\phi_7) + x_0 \cdot \sin(\phi_7))}{U_\phi} \cdot 100\% \quad \Delta U_7 = 1,48 \%$$

$$\Delta U_8 = \frac{2 \cdot I_{p8} \cdot I_8 \cdot (r_{08} \cdot \cos(\phi_8) + x_0 \cdot \sin(\phi_8))}{U_\phi} \cdot 100\% \quad \Delta U_8 = 0,77 \%$$

$$\Delta U_9 = \frac{2 \cdot I_{p9} \cdot I_9 \cdot (r_{09} \cdot \cos(\phi_9) + x_0 \cdot \sin(\phi_9))}{U_\phi} \cdot 100\% \quad \Delta U_9 = 2,8 \%$$

$$\Delta U_{10} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{p10} \cdot I_{10} \cdot (r_{010} \cdot \cos(\phi_{10}) + x_0 \cdot \sin(\phi_{10}))}{U_H} \cdot 100\% \quad \Delta U_{10} = 1,12 \%$$

$$\Delta U_{11} = \frac{2 \cdot I_{p11} \cdot I_{11} \cdot (r_{011} \cdot \cos(\phi_{11}) + x_0 \cdot \sin(\phi_{11}))}{U_\phi} \cdot 100\% \quad \Delta U_{11} = 2,32\%$$

$$\Delta U_{12} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{p12} \cdot I_{12} \cdot (r_{012} \cdot \cos(\phi_{12}) + x_0 \cdot \sin(\phi_{12}))}{U_n} \cdot 100\% \quad \Delta U_{12} = 0,74 \%$$

*Таблица 6 – Потери напряжения в линии распределительной сети*

№ на плане	Наименование и тип механизма	Расчетные потери напряжения $\Delta U$ , %	Допускаемое значение $\Delta U$ , %
1	Башенный кран КБ 308	0,128	5
2	Машина для подачи раствора СО-171	3,72	5
3	Светильник ККУ03-10000-001x1	2,25	2,5
4	Светильник ККУ03-20000-001x1	1,75	2,5
5	Светильник ГСП 17-2000-024	1,64	2,5
6	Светильник ККУ03-20000-001x1	2,38	2,5
7	Светильник ККУ03-20000-001x1	1,48	2,5
8	Сварочный трансформатор СТШ-250	0,77	5
9	Сварочный трансформатор СТШ-250	2,8	5
10	Диспергатор	1,12	5
11	Светильник ККУ03-10000-001x1	2,32	2,5
12	Машина для подогрева и подачи мастики на кровлю СО-100А	0,74	5

Потери напряжения в линиях не превышают допустимые значения.