



Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ
КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ГОРНЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ**

Специальность	<u>21.05.04 Горное дело</u>
Специализация	<u>Подземная разработка рудных месторождений</u>
Уровень высшего образования	<u>Специалитет</u> <i>(бакалавриат, специалитет, магистратура)</i>
Квалификация выпускника	<u>специалист (горный инженер)</u>

Автор - разработчик: Габбасов Б.М., канд. техн. наук, доцент
Рассмотрено на заседании кафедры разработки месторождений полезных ископаемых
Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма
2021

Задания и методические указания к выполнению контрольной работы составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины *«Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий»*.

Контрольная работа является составной частью самостоятельной работы обучающихся дисциплине *«Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий»*. Выполнение контрольных работ имеет целью закрепление обучающимися полученных на лекциях теоретических знаний и практического опыта, приобретенного на практических занятиях, путем самостоятельной работы.

Контрольные работы по дисциплине *«Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий»* выполняются после изучения материала по всему курсу. Контрольные работы предъявляются преподавателю при сдаче экзамена.

Электрификацией называют единый во времени процесс производства, распределения и потребления электрической энергии.

Под электрификацией горной промышленности следует понимать, во-первых, применение электрического привода как основной движущей силы производственных машин и механизмов и, во-вторых, снабжение горных предприятий электроэнергией от электростанций и подстанций, что непосредственно и является целью нашего курсового проекта.

На основе электрификации происходит непрерывное совершенствование техники, технологии и организации горного производства, все более полное внедрение комплексной механизации и автоматизации производственных процессов.

В рамках электрификации горных предприятий разработаны и внедрены разнообразные виды рудничного взрывобезопасного и нормального электрооборудования, а также научные методы безопасного применения электрической энергии на горных предприятиях.

За последние годы в горной промышленности значительно повысилась производительность труда за счет внедрения новой высокопроизводительной техники, прогрессивной технологии, улучшения условий труда и техники безопасности. Осуществление дальнейшего технического прогресса предъявляет новые требования к электрификации горных работ, повышению качества электрической энергии, широкому внедрению регулируемого электропривода, полупроводниковой техники, автоматизированных систем управления, повышению безопасности, надежности и экономичности систем электроснабжения.

Основными источниками электроснабжения большинства современных горных предприятий являются районные энергетические системы и только в относительно редких случаях – местные электростанции. Схема электроснабжения предприятия выполняется с учетом особенностей режима работы отдельных потребителей, возможности дальнейшего расширения производства, удобства обслуживания и т. д. Она определяется величиной нагрузок и категориями потребителей и зависит от характера размещения нагрузок, планировки отдельных объектов на генеральном плане предприятия, от числа и мощности подстанций, наличия отдельных крупных электроприемников, тесно связана с технологией производства.

1 Краткая характеристика электроснабжения и освещения подземного рудника

СФ ОАО УГОК получает электроэнергию от Сибайских электрических сетей (СЭС) "Башкирэнерго" по двухцепной ВЛ электропередач 110 кВ от подстанции № 90 города Магнитогорск системы "Челябэнерго". СФ ОАО УГОК имеет 5 подстанций:

1. ГПП-1 – 110/6 кВ питается с "Башкирэнерго" через СПП по двум линиям.
2. ГПП-2 – 110/6 кВ питается с "Башкирэнерго" через СПП по двум линиям.
3. ГПП-3 – 110/35/6 кВ питается с "Башкирэнерго" через СПП по двум линиям.
4. ЦРП-4 – 35/6 кВ получает питание от ГПП-3 и от подстанции "Сибай" (СЭС) "Башкирэнерго".
5. ЦРП-5 – 35/6 кВ получает питание от подстанции Сибай (СЭС) "Башкирэнерго" по одной линии.

На подстанциях ГПП-1, ГПП-2, ГПП-3, ЦРП-4 имеются аккумуляторные установки, служащие для питания оперативных цепей в моменты полного обесточивания подстанции.

От подстанции питаются следующие потребители:

ГПП-1 – фабрика, в частности – главный корпус фильтровально-сушильное отделение, цех крупного дробления, пиритный участок, перекачная хвостового хозяйства. ГПП-1 также питает подстанцию «Компрессорная», битумный завод, насосную второго подъема, трансформаторы собственных нужд;

ГПП-2 – ремонтно-механический завод, КИП, литейный цех на ремонтно-механическом заводе, ДЕПО, воздухоудувку, ТП-12, 13, 14, 15, 16, 17.

ГПП-3 – Сибайский подземный рудник, куда выходит шахта.

2 Электроснабжение и освещение

2.1 Расчет электрического освещения и выбор осветительных приборов

Для подземных горных выработок шахт установлены минимальные гигиенические нормы, определяющие нижний допустимый уровень освещенности:

- призабойного пространства подготовительных горных выработок в горизонтальной плоскости на почве выработки, и в вертикальной плоскости на забое – 10 лк;
- откаточных и вентиляционных выработок на горизонтальной плоскости на почве выработки – 2 лк;
- горных выработок насосных камер в горизонтальной плоскости на уровне 0,8 м от пола – 10 лк и в горизонтальной плоскости на верстаках – 20 лк.

1) Для освещения забоев принимается светильник РВЛ-80М взрывобезопасного исполнения, с люминесцентной лампой ЛБ-80 мощностью 80 Вт на напряжение 220 В, способ зажигания – комбинированный с неоновым стартером. Световой поток лампы ЛБ-80 составляет $F_0 = 4320$ лм.

Для забоев, вентиляционных и откаточных выработок расчет производится точечным методом (рисунок 1).

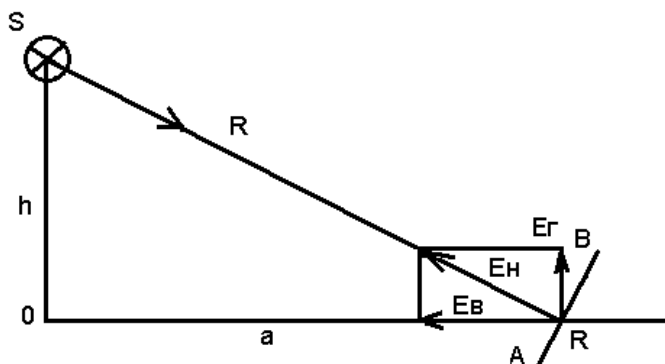


Рисунок 1 – Схема к расчету освещенности

Пусть источник света S освещает плоскость АВ, расположенную горизонтально и плоскость ВR, расположенную вертикально. При этом освещенность в точке R от луча I_α будет равна:

- на горизонтальной плоскости

$$E_\Gamma = n \cdot \frac{I_\alpha \cdot \cos^3 \alpha \cdot C}{k \cdot h^2}, \text{ лк}$$

- на вертикальной плоскости

$$E_\text{В} = n \cdot \frac{I_\alpha \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha \cdot C}{k \cdot h^2}, \text{ лк}$$

где n – количество светильников; I_α – сила света под углом α (определяется по кривой светораспределения светильника); C – коэффициент, учитывающий отношение светового потока принятой лампы к световому потоку условной лампы, равному 1000 лм; k – коэффициент, учитывающий запыленность светильника и старение лампы (принимается $k = 1,2$); h - высота подвеса светильника.

Полученная расчетом освещенность должна быть не меньше нормируемой.

Высота подвеса светильников:

$$h = H - h', \text{ м}$$

где H – высота горной выработки (по исходным данным принимается $H = 4$ м); h' - расстояние от кровли выработки до точки подвеса светильника (по исходным данным принимается $h' = 0,6$ м).

$$\alpha = \arctg \frac{a}{4}, \text{ град}$$

где a – расстояние между светильниками (по исходным данным $a = 7$ м).

По кривой светораспределения при угле $\alpha = 60^\circ$ сила света в продольной плоскости $I_{ав} = 40$ кд, в поперечной плоскости $I_{ат} = 110$ кд.

Коэффициент C для принятой лампы:

$$C = \frac{F_0}{F}, \text{ дол. ед.}$$

Освещенность от одного светильника

- на горизонтальной плоскости:

$$E_\Gamma = 1 \cdot \frac{110 \cdot \cos^3 60^\circ \cdot 4,32}{1,2 \cdot 4,4^2} = 2,56 \text{ лк}$$

- на вертикальной плоскости:

$$E_B = 1 \cdot \frac{40 \cdot \cos^2 60^\circ \cdot \sin 60^\circ \cdot 4,32}{1,2 \cdot 4,4^2} = 1,61 \text{ лк}$$

Для достижения требуемой освещенности E_H необходимое количество светильников определяем по формуле:

$$n = \frac{E_H}{E_\Gamma} = \frac{E_H}{E_B}, \text{ шт.}$$

Общее количество светильников на выработку составит:

$$n_{св} = \frac{L}{l} \cdot n, \text{ шт.}$$

где L – длина выработки, для которой ведется расчет (по исходным данным длина забоя $L = 35$ м); l – расстояние между светильниками (по исходным данным $l = 7$ м).

2) Для освещения откаточных и вентиляционных горных выработок (квершлаг/штреков) принимаем также светильник РВЛ-80М. Расчет освещения производится аналогично точечным методом.

Высота подвеса светильников:

$$h = 6 - 0,6 = 5,4 \text{ м}$$

$$\alpha = \arctg \frac{7}{4} = 60^\circ$$

По кривой светораспределения при угле $\alpha = 60^\circ$ сила света в продольной плоскости $I_{ав} = 40$ кд, в поперечной плоскости $I_{ат} = 110$ кд.

Коэффициент C для принятой лампы:

$$C = \frac{F_0}{F}, \text{ дол. ед.}$$

Освещенность от одного светильника

- на горизонтальной плоскости:

$$E_{г} = 1 \cdot \frac{110 \cdot \cos^3 60^\circ \cdot 4,32}{1,2 \cdot 5,4^2} = 1,69 \text{ лк}$$

- на вертикальной плоскости:

$$E_{в} = 1 \cdot \frac{40 \cdot \cos^2 60^\circ \cdot \sin 60^\circ \cdot 4,32}{1,2 \cdot 5,4^2} = 1,07 \text{ лк}$$

Для достижения требуемой освещенности $E_{н}$ необходимое количество светильников определяем по формуле

Для освещения подземной насосной камеры принимаем светильник РП-100М – рудничный в исполнении повышенной взрывобезопасности, с лампой светодиодной LED-A60 STANDART мощностью 20 Вт. Световой поток светильника $F_0=1600$ лм.

Расчет производится по методу коэффициента использования светового потока, который учитывает не только световой поток, падающий непосредственно от светильника, но и часть потока, отраженного потолком и стенами помещения, что немаловажно в камерах с побеленными стенами.

Для выполнения расчета необходимо определить индекс помещения, зависящий от соотношения размеров помещения, типа светильника и высоты подвеса светильника:

$$i = \frac{A \cdot B}{H' \cdot (A + B)},$$

где A – длина насосной камеры (по исходным данным принимается $A = 40$ м); B – ширина насосной камеры (по исходным данным принимается $B = 6$ м); H' – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью.

$$H' = H - h'' - h', \text{ м}$$

где H – высота насосной камеры (по исходным данным принимается $H = 6$ м); h'' – расстояние от пола камеры до рабочей поверхности (по исходным данным принимается $h'' = 1,3$ м).

По величине индекса помещения выбираем значение коэффициента использования светового потока при коэффициенте отражения потолка $\eta_{\text{п}} = 0,5$, стен $\eta_{\text{с}} = 0,3$, $\eta_{\text{св}} = 0,39$.

Общий световой поток светильников, необходимый для освещения насосной камеры площадью $S = 240$ м², обеспечивающий требуемую минимальную освещенность определим по формуле:

$$F = \frac{K \cdot E_{\text{min}} \cdot S}{\eta \cdot z}, \text{ лм}$$

где E_{min} – минимальная (нормируемая) освещенность в камере ($E_{\text{min}} = 10$ лк); S – площадь освещаемого помещения ($S = 240$ м²); $\eta_{\text{св}}$ – коэффициент использования светового потока; z – коэффициент минимальной освещенности для рудничных светильников (принимается $z = 0,8$).

$$n = \frac{F}{F_0}$$

Расстояние между светильниками при расположении их по обеим длинным сторонам камеры в один ряд:

$$a = \frac{2A}{n}$$

4) Для освещения гаража принимаем светильник НСПО 1×200 с лампой светодиодной LED-A60 STANDART мощностью 20 Вт. Световой поток светильника $F_0=1600$ лм.

Для расчета освещения гаража используем метод коэффициента использования светового потока.

По исходным данным размеры гаража: длина $A=15$ м, ширина $B=4$ м, высота $H=5$ м.

$$H' = H - h'' - h', \text{ м}$$

$$i = \frac{A \cdot B}{H' \cdot (A + B)},$$

$$F = \frac{K \cdot E_{\text{min}} \cdot S}{\eta \cdot z}, \text{ лм}$$

Количество светильников:

$$n = \frac{F}{F_0}$$

5) Для освещения ремонтного пункта принимаем светильник РП-100М – рудничный в исполнении повышенной взрывобезопасности, с лампой светодиодной LED-A60 STANDART мощностью 20 Вт. Световой поток светильника $F_0=1600$ лм.

По исходным данным размеры ремонтного пункта: длина $A=26$ м, ширина $B=5,5$ м, высота $H=6$ м.

Результаты выполненных расчетов сводятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты расчета освещения

Место работы	Параметры выработки (Д×Ш), м	Тип светильника	Кол., шт.	E_{\min} , лк	Общая мощность, Вт
Забой орта	35×6	РВЛ-80 М	35	≥ 10 лк	2800
Квершлагги, штреки	250×5	РВЛ-80 М	72	≥ 2 лк	5760
Насосная камера	40×6	РП-100 М	6	≥ 10 лк	120
Гараж	15×4	НСРО 1×200	2	≥ 10 лк	40
Ремонтный пункт	26×5,5	РП-100 М	4	≥ 10 лк	80

Для электроснабжения осветительной сети в подземных горных выработках применяют комплектные агрегаты АПШМ – 4М имеющие трансформатор полной мощностью, характеристики которого представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики АПШ-4М

Характеристика	Значение
Номинальная мощность, кВА	4
Номинальное напряжение первичной цепи, В	380
Номинальное напряжение вторичной цепи, В	133±5
Номинальный ток первичной цепи, А	6,76/3,9
Номинальный ток вторичной цепи, А	17,4±0,6
Ток короткого замыкания на выходных зажимах при 35°C, А	700
Номинальный режим работы	продолжительный
Размеры, мм	850×630×630
Масса, кг	200

Суммарная мощность осветительных трансформаторов для электроснабжения осветительной сети в подземных горных выработках определяется:

$$\sum S_{\text{осв.тр.}} = \frac{\sum P_{\text{св}}}{1000 \eta_c \cdot \eta_{\text{св}} \cdot \cos \varphi_{\text{св}}}, \text{кВА}$$

где $\sum P_{\text{св}}$ – суммарная мощность светильников; η_c – коэффициент полезного действия осветительной сети (принимается $\eta_c = 0,95$); $\eta_{\text{св}}$ – коэффициент полезного действия светильников (принимается $\eta_{\text{св}} = 0,65$); $\cos \varphi_{\text{св}}$ – коэффициент мощности осветительной нагрузки (для светодиодных ламп принимается $\cos \varphi_{\text{св}} = 0,5$).

Необходимое количество осветительных трансформаторов для электроснабжения осветительной сети в подземных горных выработках:

$$N_{\text{осв.тр.}} = \frac{\sum S_{\text{осв.тр.}}}{S_{\text{тр.}}} = \frac{28,5}{4} = 7,13 \approx 8 \text{ шт.}$$

Расчет освещения на поверхности шахты

Освещение промплощадки осуществляем лампами ДРЛ – 400, технические характеристики которой представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Техническая характеристика лампы ДРЛ-400

Номинальная мощность, Вт	400
Световой поток, лм	19 000
Срок службы лампы, тыс. час.	10
Напряжение, В	220
Площадь освещения, м ²	40000

Высота подвеса над рабочей поверхностью может быть определена по формуле:

$$H = 0,11 \cdot \sqrt{\frac{F_{\text{л}}}{E_{\text{min}}}}, \text{м}$$

где 0,11 – постоянное число с учетом коэффициента запаса; $F_{\text{л}}$ – световой поток принятой лампы (по таблице 3 $F_{\text{л}} = 19 000$ лм); E_{min} – заданная минимальная освещенность ($E_{\text{min}} = 2$ лк).

Принимаем расстояния между светильниками, равные пятикратной высоте подвеса:

$$a = 10,7 \cdot 5 = 50,35 \text{ м}$$

Общее количество светильников:

$$n = \frac{L}{a}$$

Общий световой поток всех светильников:

$$F = F_{\text{л}} \cdot n, \text{лм}$$

Средняя освещенность:

$$E_{\text{ср}} = \frac{F \cdot \eta_{\text{св}}}{k \cdot S}, \text{ лк}$$

где $\eta_{\text{св}}$ – КПД светильника (принимается $\eta_{\text{св}} = 0,7$).

Общая мощность светильников:

$$N = N_{\text{св}} \cdot n$$

2.2 Расчет электрических нагрузок предприятия и выбор силовых трансформаторов

Исходными данными для определения электрических нагрузок отдельных элементов и всей системы электроснабжения являются сведения о количестве потребителей, их расположении и номинальных мощностях, представленных в таблицах 4,5.

Таблица 4 – Перечень электроприемников поверхности

№ ЭП	Наименование потребителя	$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	Коэф. спроса	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	К.п.д. $\eta, \%$	$U, \text{кВ}$
1	Скиповой подъем	2×1150	0,75	0,75	0,88	0,97	6
2	Клетевой подъем	950	0,75	0,75	0,8	0,95	6
3	Вентилятор ВОД-40	1500	0,7	0,9	0,48	0,96	6
4	Компрессор	830	0,8	0,9	0,48	0,97	6
5	Надшахтные здания	610	0,7	0,7	1,02	0,8	0,4
6	Столовая	112	0,7	0,7	1,02	0,8	0,4
7	Освещение	22	1	1	0	0,9	0,4
8	АБК	64	0,7	0,7	1,02	0,8	0,4
9	РММ	85	0,7	0,75	0,88	0,9	0,4
10	Калориферная	350	0,7	0,7	1,02	0,95	0,4
11	Гараж	67	0,7	0,75	0,88	0,75	0,4

Таблица 5 – Перечень электроприемников горизонта

№ ЭП	Потребитель	Кол-во	$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	Коэф. спроса	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	КПД, $\eta, \%$	$U, \text{кВ}$
1	Boomer Н-127	3	150	0,7	0,75	0,88	0,9	0,4
2	Solo 7 – 7V	4	65	0,7	0,75	0,88	0,9	0,4
3	ВМ -12М	2	110	0,7	0,7	1,02	0,7	0,4
4	Освещение	119	8,8	1	1	0	0,9	0,4
5	Водоотлив	7	800	0,7	0,88	0,54	0,9	6

Расчет мощности силовых трансформаторов для питания подземных и поверхностных потребителей шахты производится методом коэффициента спроса, учитывающим неодновременность работы и неполноту загрузки электроприемников.

Расчетная активная нагрузка:

$$P_p = k_c \cdot P_{\text{ном}}, \text{ кВт}$$

где k_c – коэффициент спроса оборудования; $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность ЭП.

Расчет электрических нагрузок скиповой подъемной машины:

Расчетная реактивная нагрузка:

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg}\varphi, \text{ кВАр}$$

где $\text{tg}\varphi$ – коэффициент реактивной мощности.

Средний ток отдельного электроприемника:

$$I_c = \frac{1,5 \cdot \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}}{\sqrt{3}U_H}, \text{ А}$$

где 1,5 – коэффициент, учитывающий техническую производительность ЭП; U_H – номинальное напряжение.

Расчетный ток отдельного ЭП:

$$I_p = k_{\text{ср}} \cdot I_c, \text{ А}$$

где $k_{\text{ср}}$ – коэффициент формы графика нагрузки.

Аналогично рассчитываем значения для остальных ЭП и представляем результаты расчетов в таблицах 6,7.

Таблица 6 – Результаты расчета нагрузок ЭП поверхности

№ ЭП	Наименование потребителя	P _{ном} , кВт	Коэф. спроса	cosφ	tgφ	Средняя мощность		Ток		U, кВ	
						Активная, кВт	Реактивная, кВАр	I _c , А	I _p , А		
1	Скиповой подъем	1150	0,75	0,75	0,88	862,5	759	165,8	197,3	6	
2	Клетевой подъем	950	0,75	0,75	0,8	712,5	570	131,7	156,7	6	
3	Вентилятор ВВД-40	1500	0,7	0,9	0,48	1050	504	168,1	200,1	6	
4	Компрессор	830	0,8	0,9	0,48	664	318,7	106,3	126,5	6	
5	Надшахтные здания	610	0,7	0,7	1,02	427	435,5	1320,6	1571,5	0,4	
6	Столовая	112	0,7	0,7	1,02	78,4	80	242,5	288,5	0,4	
7	Освещение		22	1	1	0	22	0	47,6	56,7	0,4
8	АБК		64	0,7	0,7	1,02	44,8	45,7	138,5	164,9	0,4
9	РММ		85	0,7	0,75	0,88	59,5	52,4	171,6	204,2	0,4
10	Калориферная		350	0,7	0,7	1,02	245	249,9	757,7	901,7	0,4
11	Гараж		67	0,7	0,75	0,88	46,9	41,3	135,3	89,34	0,4
Итого			6 кВ			3289	2151,7	-			
			0,4 кВ			923,6	904,7				
Всего						4212,6	3056,5				

Таблица 7 – Результаты расчета нагрузок ЭП горизонта

№ ЭП	Наименование потребителя	$P_{ном},$ кВт	Коэф. спроса	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	Средняя мощность		Ток		U, кВ	
						Активная	Реактивная	I_c	I_p		
1	Boomer H-127	150	0,7	0,75	0,88	105	92,4	302,8	360,4	0,4	
2	Solo 7 – 7V	65	0,7	0,75	0,88	45,5	40,04	131,2	156,2	0,4	
3	BM -12M	110	0,7	0,7	1,02	77	78,54	238,1	283,4	0,4	
4	Освещение	8,8	1	1	0	8,8	0	19,1	22,7	0,4	
5	Водоотлив	800	0,7	0,88	0,54	560	302,4	91,9	109,3	6	
Итого			6 кВ			560	302,4				
			0,4 кВ			236,3	210,98				
Всего						796,3	513,38	-			

Выбор трансформаторов

Расчет мощности трансформаторов для электроприемников 6 кВ на горизонте

Расчетная активная нагрузка электроприемников горизонта:

$$P_p = k_m \cdot \sum P_{pi}, \text{ кВт}$$

где k_m – коэффициент максимума нагрузки (принимается $k_m = 1,3$).

Расчетная реактивная нагрузка ЭП участка:

$$Q_p = k_{тр} \cdot \sum Q_{pi}, \text{ кВАр}$$

где $k_{тр}$ – коэффициент максимума для реактивной мощности (принимается $k_{тр} = 1,1$).

Расчетная полная нагрузка:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \text{ кВА}$$

Средневзвешенное значение коэффициента реактивной мощности:

$$tg\varphi_c = \frac{Q_p}{P_p}$$

Среднеквадратичная мощность подстанции:

$$S_3 = 1,04 \cdot P_p \cdot \sqrt{1 + tg^2\varphi_c}, \text{ кВА}$$

где 1,04 – коэффициент формы.

Мощность силовых трансформаторов определяется по нагреву с учетом перегрузочной способности и проверяем в нормальном и аварийном режимах.

Нормальный режим.

1) Номинальная мощность трансформатора по условиям длительного нормального режима с учётом эквивалентной температуры окружающей среды в летний период:

$$S_{нт} \geq \frac{S_3}{k_T \cdot N}, \text{ кВА}$$

где k_T – коэффициент допустимо длительной перегрузки трансформатора (принимается $k_T = 1,07$); N – количество трансформаторов (принимается $N = 4$).

2) Определим возможность работы трансформаторов в режиме расчетных нагрузок:

$$S_{HT} \geq \frac{S_p}{1,5 \cdot N}, \text{ кВА}$$

где 1,5 – разрешенная получасовая перегрузка.

3) Коэффициент эквивалентной начальной нагрузки:

$$k_1 = \frac{S_э}{S_{HT} \cdot N}$$

$k_1 = 1,56 > 0,85$, поэтому проверку нормального режима заканчиваем.

Предварительно принимаем 4 трансформатора ТСВП–250/6 мощностью 250 кВА. Техническая характеристика трансформатора ТСВП–250/6 приведена в таблице 8.

Расчет мощности трансформаторов для электроприемников 0,4 кВ на поверхности шахты.

Расчетная активная нагрузка ЭП:

$$P_p = 1,3 \cdot 923,6 = 1200,68 \text{ кВт}$$

Расчетная реактивная нагрузка ЭП:

$$Q_p = 1,1 \cdot 904,7 = 995,17 \text{ кВАр}$$

Расчетная полная нагрузка:

$$S_p = \sqrt{1200,68^2 + 995,17^2} = 1559,49 \text{ кВА}$$

Средневзвешенное значение коэффициента реактивной мощности:

$$\text{tg} \varphi_c = \frac{995,17}{1200,68} = 0,829$$

Среднеквадратичная мощность:

$$S_э = 1,04 \cdot 1200,68 \cdot \sqrt{1 + 0,829^2} = 1621,99 \text{ кВА}$$

Номинальная мощность:

$$S_{HT} \geq \frac{1621,99}{1,07 \cdot 3} = 505,29 \text{ кВА}$$

Принимаем к установке три трансформатора ТМН-630/10. Технические характеристики представлены в таблице 8.

Расчет мощности ГПП для электроснабжения промплощадки

Расчетная активная нагрузка ЭП:

$$P_p = 1,3 \cdot (4212,6 + 796,3) = 6511,57 \text{ кВт}$$

Расчетная реактивная нагрузка ЭП:

$$Q_p = 1,1 \cdot (3056,5 + 513,38) = 3926,87 \text{ кВАр}$$

Расчетная полная нагрузка:

$$S_p = \sqrt{6511,57^2 + 3926,87^2} = 7604 \text{ кВА}$$

Средневзвешенное значение коэффициента реактивной мощности:

$$\operatorname{tg} \varphi_c = \frac{3926,87}{6511,57} = 0,603$$

Среднеквадратичная мощность:

$$S_{\Sigma} = 1,04 \cdot 6511,57 \cdot \sqrt{1 + 0,603^2} = 7907,95 \text{ кВА}$$

Номинальная мощность:

$$S_{\text{нт}} \geq \frac{7907,95}{1,07 \cdot 2} = 3695,3 \text{ кВА}$$

Выбор количества трансформаторов на ГПП определяем наличием электроприёмников I и II категории.

В составе ЭП на УПР помимо ЭП II категории, имеются ЭП I категории (людской подъём, вентиляторы, водоотлив), поэтому на ГПП установим два трансформатора, причём каждый трансформатор должен обеспечивать (в аварийном режиме) питание всех ЭП I категории и наиболее ответственных II категории. Таким образом, каждый трансформатор должен быть рассчитан на 80% всей нагрузки.

Мощность одного трансформатора составит:

$$S_{\text{тр}} = 3695,3 \cdot 0,8 = 2956,24 \text{ кВА}$$

Принимаем 2 трансформатора ТМН-6300/110. Техническая характеристика представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики принятых трансформаторов

Тип	Номинальная мощность, кВ·А	Номинальное напряжение, кВ		Потери, кВт		Напряжение КЗ, %	Ток ХХ, %
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
ТМН 6300/110	6300	115	6,3	10	44	10,5	1
ТМН-630/10	630	6;10	0,4; 0,69	1,3	8,5	5,5	2
ТСВП-250/6	250	6	0,4	1,35	3	3,5	5

Варианты заданий представлены в приложении 1.

Вариант 1

Параметр	Ед. изм	Значение параметра	Количество
Высота горной выработки	м	3	
Расстояние от кровли выработки до точки подвеса светильника	м	0,5	
Расстояние между светильниками	м	3	
Длина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	50	
ширина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	6	
Расстояние от пола камеры до рабочей поверхности (насосной камеры)	м	1,5	
Высота освещаемого помещения (насосной камеры)	м	8	
Размеры гаража: длина	м	25	
ширина	м	7	
высота	м	6	
Размеры квершлага, штрека: длина	м	300	
ширина	м	6,5	
высота	м	6	
Размеры забой орта: длина	м	23	
ширина	м	6	
высота	м	6	
Размеры рем пункта: длина	м	28	
ширина	м	4	
высота	м	6	
Перечень электроприемников поверхности:			
Скиповой подъем	кВт	2×1300	
Клетевой подъем	кВт	900	
Вентилятор ВОД-40	кВт	1350	
Компрессор	кВт	730	
Надшахтные здания	кВт	510	
Столовая	кВт	312	
Освещение	кВт	29	
АБК	кВт	55	
РММ	кВт	94	
Калориферная	кВт	155	
Гараж	кВт	70	
Перечень электроприемников горизонта:			
Boomer H-127	кВт	120	4
Solo 7 – 7V	кВт	75	5
BM -12M	кВт	110	2
Водоотлив	кВт	600	4
Требуемый общешахтный коэффициент мощности	$\cos \varphi_2$	0,94-0,98	

ВМ -12М	кВт	110	6
Водоотлив	кВт	800	5
Требуемый общешахтный коэффициент мощности	$\cos \varphi_2$	0,94-0,98	

Вариант 7

Параметр	Ед. изм	Значение параметра	Количество
Высота горной выработки	м	7	
Расстояние от кровли выработки до точки подвеса светильника	м	0,9	
Расстояние между светильниками	м	6	
Длина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	90	
ширина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	6	
Расстояние от пола камеры до рабочей поверхности (насосной камеры)	м	1,4	
Высота освещаемого помещения (насосной камеры)	м	9	
Размеры гаража: длина	м	25	
ширина	м	6	
высота	м	6	
Размеры квершлага, штрека: длина	м	250	
ширина	м	6	
высота	м	6	
Размеры забой орта: длина	м	26	
ширина	м	6	
высота	м	6	
Размеры рем пункта: длина	м	20	
ширина	м	5	
высота	м	5	
Перечень электроприемников поверхности:			
Скиповой подъем	кВт	2×1150	
Клетевой подъем	кВт	750	
Вентилятор ВОД-40	кВт	1050	
Компрессор	кВт	450	
Надшахтные здания	кВт	500	
Столовая	кВт	300	
Освещение	кВт	45	
АБК	кВт	90	
РММ	кВт	120	
Калориферная	кВт	170	
Гараж	кВт	80	
Перечень электроприемников горизонта:			
Boomer H-127	кВт	108	5

горизонта:			
Boomer H-127	кВт	150	2
Solo 7 – 7V	кВт	65	8
BM -12M	кВт	110	2
Водоотлив	кВт	800	3
Требуемый общешахтный коэффициент мощности	$\cos \varphi_2$	0,94-0,98	

Вариант 10

Параметр	Ед. изм	Значение параметра	Количество
Высота горной выработки	м	9	
Расстояние от кровли выработки до точки подвеса светильника	м	0,4	
Расстояние между светильниками	м	4	
Длина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	80	
ширина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	7	
Расстояние от пола камеры до рабочей поверхности (насосной камеры)	м	1	
Высота освещаемого помещения (насосной камеры)	м	9	
Размеры гаража: длина	м	30	
ширина	м	12	
высота	м	6	
Размеры квершлага, штрека: длина	м	1400	
ширина	м	5	
высота	м	5	
Размеры забой орта: длина	м	140	
ширина	м	4,5	
высота	м	6	
Размеры рем пункта: длина	м	23	
ширина	м	6	
высота	м	7	
Перечень электроприемников поверхности:			
Скиповой подъем	кВт	2×1750	3
Клетевой подъем	кВт	1000	2
Вентилятор ВОД-40	кВт	1350	2
Компрессор	кВт	140	
Надшахтные здания	кВт		
Столовая	кВт	120	
Освещение	кВт	160	
АБК	кВт	130	2
РМЗ	кВт	1140	
Калориферная	кВт	280	
Гараж	кВт	160	

Перечень электроприемников горизонта:			
Boomer H-127	кВт	100	10
Solo 7 – 7V	кВт	55	18
BM -12M	кВт	110	12
Водоотлив	кВт	800	7
Требуемый общешахтный коэффициент мощности	$\cos \varphi_2$	0,94-0,98	

Вариант 11

Параметр	Ед. изм	Значение параметра	Количество
Высота горной выработки	м	5.6	
Расстояние от кровли выработки до точки подвеса светильника	м	0,35	
Расстояние между светильниками	м	9	
Длина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	40	
ширина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	5	
Расстояние от пола камеры до рабочей поверхности (насосной камеры)	м	1,6	
Высота освещаемого помещения (насосной камеры)	м	8	
Размеры гаража: длина	м	37	
ширина	м	5	
высота	м	6	
Размеры квершлага, штрека: длина	м	2240	
ширина	м	5.7	
высота	м	5,8	
Размеры забой орта: длина	м	210	
ширина	м	5,7	
высота	м	6	
Размеры рем пункта: длина	м	20	
ширина	м	5	
высота	м	6	
Перечень электроприемников поверхности:			
Скиповой подъем	кВт	2×1150	2
Клетевой подъем	кВт	700	2
Вентилятор ВОД-21,5	кВт	380	2
Компрессор	кВт	150	
Надшахтные здания	кВт		
Столовая	кВт	145	
Освещение	кВт	260	
АБК	кВт	47	
РМЗ	кВт	780	
Калориферная	кВт	150	

Гараж	кВт	75	
Перечень электроприемников горизонта:			
Boomer H-127	кВт	108	18
Solo 7 – 7V	кВт	55	14
BM -12M	кВт	110	9
Водоотлив	кВт	800	5
Требуемый общешахтный коэффициент мощности	$\cos \varphi_2$	0,94-0,98	

Вариант 12

Параметр	Ед. изм	Значение параметра	Количество
Высота горной выработки	м	6	
Расстояние от кровли выработки до точки подвеса светильника	м	0,3	
Расстояние между светильниками	м	5	
Длина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	57	
Ширина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	6	
Расстояние от пола камеры до рабочей поверхности (насосной камеры)	м	1	
Высота освещаемого помещения (насосной камеры)	м	7,5	
Размеры гаража: длина	м	25	
ширина	м	6	
высота	м	5	
Размеры квершлага, штрека: длина	м	2325	
ширина	м	6	
высота	м	6	
Размеры забой орта: длина	м	125	
ширина	м	6	
высота	м	6	
Размеры рем пункта: длина	м	25	
ширина	м	6	
высота	м	6	
Перечень электроприемников поверхности:			
Скиповой подъем	кВт	2×950	3
Клетевой подъем	кВт	750	
Вентилятор ВОД-21,5	кВт	750	
Компрессор	кВт	240	
Надшахтные здания	кВт		
Столовая	кВт	155	
Освещение	кВт	125	
АБК	кВт	70	
PM3	кВт	190	

Калориферная	кВт	95	
Гараж	кВт	60	
Перечень электроприемников горизонта:			
Boomer H-127	кВт	108	7
Solo 7 – 7V	кВт	55	7
BM -12M	кВт	110	7
Водоотлив	кВт	800	5
Требуемый общешахтный коэффициент мощности	$\cos \varphi_2$	0,94-0,98	

Вариант 13

Параметр	Ед. изм	Значение параметра	Количество
Высота горной выработки	м	4,5	
Расстояние от кровли выработки до точки подвеса светильника	м	0,3	
Расстояние между светильниками	м	9	
Длина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	45	
ширина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	6	
Расстояние от пола камеры до рабочей поверхности (насосной камеры)	м	1,5	
Высота освещаемого помещения (насосной камеры)	м	8	
Размеры гаража: длина	м	30	
ширина	м	6	
высота	м	6,5	
Размеры квершлага, штрека: длина	м	1150	
ширина	м	5	
высота	м	5	
Размеры забой орта: длина	м	435	
ширина	м	5	
высота	м	6	
Размеры рем пункта: длина	м	20	
ширина	м	6	
высота	м	6	
Перечень электроприемников поверхности:			
Скиповой подъем	кВт	2×1150	
Клетевой подъем	кВт	600	3
Вентилятор ВОД-40	кВт	1850	1
Компрессор	кВт	130	
Надшахтные здания	кВт		
Столовая	кВт	160	
Освещение	кВт	45	
АБК	кВт	70	

АБК	кВт	90	
РМЗ	кВт	1120	
Калориферная	кВт	130	
Гараж	кВт	70	
Перечень электроприемников горизонта:			
Boomer H-127	кВт	108	22
Solo 7 – 7V	кВт	55	10
BM -12M	кВт	110	20
Водоотлив	кВт	800	9
Требуемый общешахтный коэффициент мощности	$\cos \varphi_2$	0,94-0,98	

Вариант 15

Параметр	Ед. изм	Значение параметра	Количество
Высота горной выработки	м	3	
Расстояние от кровли выработки до точки подвеса светильника	м	0,4	
Расстояние между светильниками	м	3	
Длина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	50	
ширина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	6	
Расстояние от пола камеры до рабочей поверхности (насосной камеры)	м	1	
Высота освещаемого помещения (насосной камеры)	м	8	
Размеры гаража: длина			
ширина	м	7	
высота	м	6	
Размеры квершлага, штрека: длина			
ширина	м	6,5	
высота	м	6	
Размеры забой орта: длина			
ширина	м	6	
высота	м	6	
Размеры рем пункта: длина			
ширина	м	4	
высота	м	6	
Перечень электроприемников поверхности:			
Скиповой подъем	кВт	2×1300	
Клетевой подъем	кВт	900	
Вентилятор ВОД-40	кВт	1350	
Компрессор	кВт	730	
Надшахтные здания			
Столовая	кВт	312	

Освещение	кВт	29	
АБК	кВт	55	
РММ	кВт	94	
Калориферная	кВт	155	
Гараж	кВт	70	
Перечень электроприемников горизонта:			
Boomer H-127	кВт	120	17
Solo 7 – 7V	кВт	75	11
ВМ -12М	кВт	110	10
Водоотлив	кВт	600	5
Требуемый общешахтный коэффициент мощности	$\cos \varphi_2$	0,94-0,98	

Вариант 16

Параметр	Ед. изм	Значение параметра	Количество
Высота горной выработки	м	4	
Расстояние от кровли выработки до точки подвеса светильника	м	0,27	
Расстояние между светильниками	м	7	
Длина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	40	
ширина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	6	
Расстояние от пола камеры до рабочей поверхности (насосной камеры)	м	0,85	
Высота освещаемого помещения (насосной камеры)	м	7	
Размеры гаража: длина	м	15	
ширина	м	4	
высота	м	5	
Размеры квершлага, штрека: длина	м	3250	
ширина	м	6	
высота	м	5	
Размеры забой орта: длина	м	335	
ширина	м	6	
высота	м	5	
Размеры рем пункта: длина	м	26	
ширина	м	5,5	
высота	м	6	
Перечень электроприемников поверхности:			
Скиповой подъем	кВт	2×1150	
Клетевой подъем	кВт	1150	
Вентилятор ВОД-40	кВт	1500	
Компрессор	кВт	130	
Надшахтные здания	кВт		

Столовая	кВт	112	
Освещение	кВт	22	
АБК	кВт	67	
РМЗ	кВт	585	
Калориферная	кВт	250	
Гараж	кВт	15	
Перечень электроприемников горизонта:			
Boomer Н-127	кВт	150	6
Solo 7 – 7V	кВт	65	6
ВМ -12М	кВт	110	6
Водоотлив	кВт	200	5
Требуемый общешахтный коэффициент мощности	$\cos \varphi_2$	0,94-0,98	

Вариант 17

Параметр	Ед. изм	Значение параметра	Количество
Высота горной выработки	м	6	
Расстояние от кровли выработки до точки подвеса светильника	м	0,5	
Расстояние между светильниками	м	8	
Длина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	75	
ширина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	6	
Расстояние от пола камеры до рабочей поверхности (насосной камеры)	м	1	
Высота освещаемого помещения (насосной камеры)	м	9	
Размеры гаража: длина	м	20	
ширина	м	6	
высота	м	6	
Размеры квершлага, штрека: длина	м	2400	
ширина	м	6	
высота	м	6	
Размеры забой орта: длина	м	340	
ширина	м	4,5	
высота	м	6	
Размеры рем пункта: длина	м	20	
ширина	м	5	
высота	м	7	
Перечень электроприемников поверхности:			
Скиповой подъем	кВт	2×1150	2
Клетевой подъем	кВт	1000	1
Вентилятор ВОД-40	кВт	1850	1
Компрессор	кВт	130	

Надшахтные здания	кВт		
Столовая	кВт	215	
Освещение	кВт	60	
АБК	кВт	110	
РМЗ	кВт	1400	
Калориферная	кВт	190	
Гараж	кВт	145	
Перечень электроприемников горизонта:			
Boomer H-127	кВт	100	9
Solo 7 – 7V	кВт	55	9
ВМ -12М	кВт	110	9
Водоотлив	кВт	600	7
Требуемый общешахтный коэффициент мощности	$\cos \varphi_2$	0,94-0,98	

Вариант 18

Параметр	Ед. изм	Значение параметра	Количество
Высота горной выработки	м	5.5	
Расстояние от кровли выработки до точки подвеса светильника	м	0,4	
Расстояние между светильниками	м	6	
Длина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	60	
ширина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	5	
Расстояние от пола камеры до рабочей поверхности (в насосной камере)	м	1,4	
Высота освещаемого помещения (насосной камеры)	м	8	
Размеры гаража: длина	м	37	
ширина	м	5	
высота	м	6	
Размеры квершлага, штрека: длина	м	5440	
ширина	м	4.7	
высота	м	5,8	
Размеры забой орта: длина	м	820	
ширина	м	6	
высота	м	6	
Размеры рем пункта: длина	м	20	
ширина	м	6	
высота	м	6	
Перечень электроприемников поверхности:			
Скиповой подъем	кВт	2×1550	
Клетевой подъем	кВт	700	2
Вентилятор ВОД-40	кВт	1280	

Вентилятор ВОД-40	кВт	1450	
Компрессор	кВт	740	
Надшахтные здания	кВт		
Столовая	кВт	255	
Освещение	кВт	25	
АБК	кВт	70	
РМЗ	кВт	990	
Калориферная	кВт	150	
Гараж	кВт	60	
Перечень электроприемников горизонта:			
Boomer H-127	кВт	108	25
Solo 7 – 7V	кВт	55	10
BM -12M	кВт	110	3
Водоотлив	кВт	500	7
Требуемый общешахтный коэффициент мощности	$\cos \varphi_2$	0,94-0,98	

Вариант 20

Параметр	Ед. изм	Значение параметра	Количество
Высота горной выработки	м	4,5	
Расстояние от кровли выработки до точки подвеса светильника	м	0,3	
Расстояние между светильниками	м	4	
Длина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	45	
ширина освещаемого помещения (насосной камеры)	м	6	
Расстояние от пола камеры до рабочей поверхности (насосной камеры)	м	1,5	
Высота освещаемого помещения (насосной камеры)	м	7	
Размеры гаража: длина	м	30	
ширина	м	6	
высота	м	6	
Размеры квершлага, штрека: длина	м	1150	3
ширина	м	6	
высота	м	6	
Размеры забой орта: длина	м	65	5
ширина	м	6	
высота	м	6	
Размеры рем пункта: длина	м	20	
ширина	м	6	
высота	м	6	
Перечень электроприемников поверхности:			
Скиповой подъем	кВт	2×1450	

Скиповой подъем	кВт	2×1150	
Клетевой подъем	кВт	750	2
Вентилятор ВОД-40	кВт	1050	
Компрессор	кВт	450	
Надшахтные здания	кВт		
Столовая	кВт	300	
Освещение	кВт	45	
АБК	кВт	90	
РММ	кВт	130	
Калориферная	кВт	140	
Гараж	кВт	80	
Перечень электроприемников горизонта:			
Boomer H-127	кВт	108	17
Solo 7 – 7V	кВт	55	8
ВМ -12М	кВт	110	13
Водоотлив	кВт	800	9
Требуемый общешахтный коэффициент мощности	$\cos \varphi_2$	0,94-0,98	