

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства  
Кафедра «Санитарно-технические системы»

Утверждено на заседании кафедры  
«СТС»  
«20» января 2023г., протокол №\_5\_

Заведующий кафедрой

  
\_\_\_\_\_ Р.А. Ковалев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по проведению практических (семинарских) занятий**  
**по дисциплине (модулю)**

***«Электроснабжение зданий и населенных мест с основами  
электротехники и электроники»***

**основной профессиональной образовательной программы  
высшего образования – программы бакалавриата**  
по направлению подготовки  
***08.03.01 «Строительство»***  
с направленностью (профилем)

***Водоснабжение и водоотведение***

Форма(ы) обучения: *заочная*

Идентификационный номер образовательной программы: 080301-02-23

Тула 2023 год

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**  
**рабочей программы дисциплины (модуля)**

**Разработчик:**

Котеленко С.В. доцент, к.т.н.,  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

## Практическая работа №1

### ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК.

#### 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ.

Приобретение навыков расчета электрических нагрузок различных объектов.

#### 2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

##### *Расчет электрических нагрузок одиночных электроприемников.*

Номинальной мощностью одиночного электроприемника называется мощность, обозначенная на заводской табличке, в паспорте, на колбе или цоколе источника света.

Под номинальной активной мощностью электродвигателя  $P_{ном}$  понимается механическая мощность на его валу при номинальном напряжении и номинальных условиях охлаждения. Применительно к многодвигательным приводам, исключая крановые установки, под термином «приемник электроэнергии» следует понимать весь агрегат в целом, а под его номинальной мощностью – сумму номинальных мощностей всех его электродвигателей. Для всех остальных приемников под номинальной понимается активная мощность, потребляемая из сети при номинальном напряжении. При расчетах нагрузок за установленную номинальную мощность отдельного приемника повторно-кратковременного режима работы принимается его мощность, приведенная к длительному режиму работы (ПВ=100%).

Под номинальной реактивной мощностью  $Q_{ном}$  отдельного электроприемника понимается реактивная мощность, потребляемая из сети или отдаваемая в сеть при номинальной активной мощности  $P_{ном}$  и при номинальном напряжении  $U_{ном}$ . Реактивная мощность приемников повторно-кратковременного режима также приводится к ПВ=100%.

Исходными данными для расчета электрических параметров режима одиночного электроприемника являются:

- номинальное напряжение  $U_{ном}$ ;
- номинальная мощность  $P_{ном}$  (для конденсаторных установок – номинальная реактивная мощность  $Q_{ном}$ );
- номинальный коэффициент мощности  $\cos\varphi$ ;
- номинальный КПД  $\eta_{ном}$ ;
- продолжительность включения ПВ.

Расчетная полная мощность  $S_p$  электроприемника определяется по формуле:

$$S_p = \frac{P_{ном}}{\cos\varphi \cdot \eta_{ном}} ;$$

– для электродвигателей:

– для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы:

$$S_p = \frac{P_{ном} \sqrt{ПВ}}{\eta_{ном} \cos \varphi};$$

– для силовых трансформаторов:  $S_p = Q_{ном}$ ;

– для сварочных аппаратов:  $S_p = S_{ном} \sqrt{ПВ}$ ;

– для конденсаторных установок:  $S_p = Q_{ном}$ .

Расчетная активная мощность  $P_p$  определяется по формуле:

$$P_p = \frac{P_{ном}}{\eta_{ном}};$$

– для электродвигателей:

– для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы:

$$P_p = \frac{P_{ном} \sqrt{ПВ}}{\eta_{ном}};$$

– для любого электроприемника:  $P_p = S_p \cos \varphi$ .

Расчетная реактивная мощность  $Q_p$  определяется по формуле:  $Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi$ , где  $\operatorname{tg} \varphi$  – коэффициент реактивной мощности, соответствующий  $\cos \varphi$ .

Расчетный ток  $I_p$  определяется по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}};$$

– для трехфазных электроприемников:

$$I_p = \frac{S_p}{U_{ном}}.$$

– для одно- и двухфазных электроприемников:

**Расчет электрических нагрузок методом коэффициента спроса.** Для определения расчетных нагрузок по методу коэффициента спроса необходимо знать установленную мощность  $P_{ном}$  группы приемников и коэффициенты мощности  $\cos \varphi$  и спроса  $k_c$  данной группы, определяемые по справочным материалам.

Расчетную активную  $P_p$ , реактивную  $Q_p$  и полную  $S_p$  нагрузки группы однородных по режиму работы приемников определяют по формулам:

$$P_p = k_c \cdot P_{ном};$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi;$$

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

где  $\operatorname{tg} \varphi$  соответствует  $\cos \varphi$  данной группы электроприемников.

Результаты расчетов целесообразно оформлять в виде табл. 1

Таблица 1. Результаты расчета электрических нагрузок

Наименование электропотребителя	Установленная (номинальная) Мощность $P_{\text{НОМ}}$ , кВт	Кол-во	$k_c$	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , кВар	$S_p$ , кВ·А
Электропотребители								
Итого								

Определение расчетной силовой нагрузки по установленной мощности и коэффициенту спроса является приближенным методом расчета, поэтому его применение рекомендуют для предварительных расчетов и определения общезаводских нагрузок.

**Расчет нагрузок потребителей электроэнергии до 1 кВ.** Для индивидуальных электропотребителей за расчетную нагрузку принимается их номинальная мощность  $P_{\text{НОМ}}$ . Для потребителей повторно-кратковременного режима работы (сварочные агрегаты, краны и т.п.) в качестве расчетной нагрузки принимается паспортная мощность  $P_{\text{пасп}}$ , приведенная к ПВ=100%:

$$P_{\text{НОМ}} = P_{\text{пасп}} \sqrt{ПВ},$$

где ПВ – продолжительность включения, принимаемая в долях единицы.

Активная расчетная нагрузка группы потребителей, подключенных к узлу питания напряжением до 1 кВ, определяется:

$$P_{P_{\text{сум}}} = K_p \sum_{i=1}^n K_{и,а,i} P_{н,i},$$

или:

$$P_{P_{\text{сум}}} = K_p P_{\text{ср}},$$

где

$$P_{ср,i} = K_{и,а,i} P_{н,i},$$

$$P_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n K_{и,а,i} P_{н,i},$$

где  $P_{ср,i}$  и  $P_{\text{ср}}$  – средние за смену нагрузки -  $i$ -го потребителя и групповая, кВт;  $K_p$  – коэффициент расчётной нагрузки, определяемый по таблицам;  $K_{и,а,i}$  – коэффициент использования активной мощности для  $i$ -го потребителя, справочная величина;  $P_{н,i}$  – номинальная мощность  $i$ -го потребителя, кВт;

Расчётная реактивная нагрузка на шинах РП, питающих отдельные участки производства  $Q_p$  определяется в зависимости от эффективного числа приёмников  $n_{\text{эф}}$ :

при  $n_{\text{эф}} \leq 10$

$$Q_{P, \text{сум}} = 1,1 \sum_{i=1}^n K_{u, \alpha, i} P_{n, i} \operatorname{tg} \varphi_i;$$

при  $n_{\text{зф}} > 10$

$$Q_{P, \text{сум}} = \sum_{i=1}^n K_{u, \alpha, i} P_{n, i} \operatorname{tg} \varphi_i,$$

где

$$Q_{CM, i} = K_{u, \alpha, i} P_{n, i} \operatorname{tg} \varphi_i,$$

$$Q_{CM} = \sum K_{u, \alpha, i} P_{n, i} \operatorname{tg} \varphi_i,$$

где  $Q_{CM, i}$  и  $Q_{CM}$  – средние за смену реактивные нагрузки -  $i$ -го потребителя и групповая;  $\operatorname{tg} \varphi_i$  – соответствует  $\cos \varphi_i$ , принятому для данного потребителя из справочных материалов.

Расчётная реактивная нагрузка на шинах ТП определяется по

выражению:  $Q_{P, \text{сум}} = K_P P_{CM} \operatorname{tg} \varphi$

Эффективное число приёмников может определяться по упрощенному выражению:

$$n_{\text{зф}} = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{n, i}}{P_{n, \text{мах}}},$$

где  $P_{n, \text{мах}}$  - номинальная мощность наиболее мощного приёмника группы.

Групповой коэффициент использования в целом по объекту определяется по формуле:

$$K_{u, \alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{u, \alpha, i} P_{n, i}}{\sum_{i=1}^n P_{n, i}}.$$

Полная расчетная мощность по объекту в целом, кВт·А:

$$S_{P, \text{сум}} = \sqrt{P_{P, \text{сум}}^2 + Q_{P, \text{сум}}^2}.$$

Полный расчетный ток, А:

$$I_{P, \text{сум}} = \frac{S_{P, \text{сум}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}},$$

где  $U_{\text{ном}}$  - напряжение сети, кВ.

**Расчетная нагрузка от электроприемников квартир.** Расчетная нагрузка питающих линий, вводов и на шинах РУ-0,4 кВ ТП от электроприемников квартир (Ркв) определяется по формуле, кВт,

$$P_{\text{кв}} = P_{\text{кв, уд}} n,$$

где  $P_{\text{кв, уд}}$  - удельная нагрузка электроприемников квартир, принимаемая по табл. 2 в зависимости от числа квартир, присоединенных к линии (ТП), типа

кухонных плит, кВт/квартиру с обязательным учетом примечаний к данной таблице. Удельные электрические нагрузки установлены с учетом того, что общая неравномерность нагрузки при распределении ее по фазам трехфазных линий и вводов не превышает 15 %; n - количество квартир, присоединенных к линии (ТП).

Таблица 2 Удельная расчетная нагрузка электроприемников жилых квартир

ID	Потребители электроэнергии	Удельная расчетная электрическая нагрузка при количестве квартир, кВт/квартиру														
		1	5	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
1	Квартиры с плитами на природном газе	4.5	4.5	2.8	2.3	2	1.8	1.65	1.4	1.2	1.05	0.85	0.77	0.71	0.69	0.67
2	Квартиры с плитами на сжиженном газе (в том числе при групповых установках и на твердом топливе)	6	6	3.4	2.9	2.5	2.2	2	1.8	1.4	1.3	1.08	1	0.92	0.84	0.76
3	Квартиры с электрическими плитами, мощностью 8,5 кВт	10	10	5.1	3.8	3.2	2.8	2.6	2.2	1.95	1.7	1.5	1.36	1.27	1.23	1.19
4	Летние домики на участках садовых товариществ	4	4	2.3	1.7	1.4	1.2	1.1	0.9	0.76	0.69	0.61	0.58	0.54	0.51	0.46

#### Примечания

1 Удельные расчетные нагрузки для числа квартир, не указанного в таблице, определяются путем интерполяции.

2 Удельные расчетные нагрузки квартир учитывают нагрузку освещения общедомовых помещений (лестничных клеток, подполий, технических этажей, чердаков и т.д.), а также нагрузку слаботочных устройств и мелкого силового оборудования (щитки противопожарных устройств, автоматики, учета тепла и т.п., зачистные устройства мусоропроводов, подъемники для инвалидов).

3 Удельные расчетные нагрузки приведены для квартир средней общей площадью 70 м<sup>2</sup> (квартиры от 35 до 90 м<sup>2</sup>) в зданиях по типовым проектам.

4 Расчетную нагрузку для квартир с повышенной комфортностью следует определять в соответствии с заданием на проектирование или в соответствии с заявленной мощностью и коэффициентами спроса и одновременности (таблицы 2 и 3).

5 Удельные расчетные нагрузки не учитывают покомнатное расселение семей в квартире.

6 Удельные расчетные нагрузки не учитывают общедомовую силовую нагрузку, осветительную и силовую нагрузку встроенных (пристроенных) помещений общественного назначения, нагрузку рекламы, а также применение в квартирах электрического отопления, электроводонагревателей и бытовых кондиционеров (кроме элитных квартир).

7 Для определения при необходимости значения утреннего или дневного максимума нагрузок следует применять коэффициенты: 0,7 - для жилых домов с электрическими плитами и 0,5 - для жилых домов с плитами на газообразном и твердом топливе.

8 Электрическую нагрузку жилых зданий в период летнего максимума нагрузок можно определить, умножив значение нагрузки зимнего максимума на коэффициенты: 0,7 - для квартир с плитами на природном газе; 0,6 - для квартир с плитами на сжиженном газе и твердом топливе и 0,8 - для квартир с электрическими плитами.

9 Расчетные данные, приведенные в таблице, могут корректироваться для конкретного применения с учетом местных условий. При наличии документированных и утвержденных в установленном порядке экспериментальных данных расчет нагрузок следует производить по ним.

10 Нагрузка иллюминации мощностью до 10 кВт в расчетной нагрузке на вводе в здание учитываться не должна.

Расчетная нагрузка питающих линий, вводов и на шинах РУ-0,4 кВ ТП от электроприемников квартир повышенной комфортности  $P_{р.кв}$  определяется по формуле, кВт,

$$P_{р.кв} = P_{кв} \cdot n \cdot K_o,$$

где  $P_{кв}$  - нагрузка электроприемников квартир повышенной комфортности;

$n$  - количество квартир;

$K_o$  - коэффициент одновременности для квартир повышенной комфортности.

Расчетные нагрузки электроприемников коттеджей допустимо определять, как для квартир с повышенной комфортностью в соответствии с заданием на проектирование или по заявленной мощности с учётом коэффициентов спроса по табл. 3, и в обоих случаях применяя коэффициенты одновременности – табл. 4.

Не допускается при определении расчетной нагрузки нескольких домов или нагрузки многосекционного жилого дома на шинах РУ-0,4 кВ ТП суммировать расчетные нагрузки на вводах ВРУ (ВРУ-1, ВРУ-2 и т.д.). Нагрузку следует определять по табл. 2 для каждого элемента сети в зависимости от числа квартир. Например, нагрузка шинах РУ-0,4 кВ ТП от электроприемников квартир многосекционного дома определяется общим количеством квартир, присоединенных к данной ТП.

При совместном подключении типовых квартир и квартир с повышенной комфортностью расчетная нагрузка электроприемников квартир, в частности, на вводе в жилой дом в аварийном режиме определяется расчетом отдельно тех и других нагрузок и с учетом коэффициента одновременности.

Таблица 2 Коэффициент спроса для квартир повышенной комфортности

Заявленная мощность, кВт	Коэффициент спроса
14	0.8
20	0.65
30	0.6
40	0.55
50	0.5
60	0.48
70	0.45



Таблица 3 Коэффициенты одновременности для квартир повышенной комфортности

		Ко при числе квартир													
ID	Характеристика квартир	1	5	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600 и более
1	С электроплитами	1	1	0.51	0.38	0.32	0.29	0.26	0.24	0.2	0.18	0.16	0.14	0.13	0.11

**Расчет электрических нагрузок промышленных объектов (строительная площадка).** Потребность в электроэнергии на строительной площадке должна определяться в проектах организации строительства по физическим объемам работ и расчетным формулам.

В городском строительстве обеспечение строительных площадок электроэнергией осуществляется, как правило, за счет использования существующих городских систем.

Электроснабжение предназначено для энергетического обеспечения силовых и технологических потребителей, внутреннего и наружного освещения объектов строительства, участков производства строительно-монтажных работ и инвентарных зданий.

Последовательность расчета электроснабжения строительной площадки включает: определение потребителей электроэнергии, выбор источников получения электроэнергии и расчет их мощности, составление рабочей схемы электроснабжения строительной площадки.

Рассмотрим последовательность расчета электроснабжения.

Основными потребителями электроэнергии на строительной площадке являются строительные машины, механизмы и установки строительной площадки или инвентарных зданий.

Суммарная номинальная мощность их электродвигателей составит  $P_1 = \sum_i P_i^d$ ,

где  $P_i^d$  – мощность электродвигателя  $i$ -й машины, механизма, установки, инвентарного здания, кВт.

Технологические процессы (оттаивание грунта, электропрогрев бетона и др.). Потребляемая мощность для технологических процессов  $P_2 = \sum_j P_j^t$ ,

где  $P_j^t$  – потребляемая мощность  $j$ -го технологического процесса, кВт.

Осветительные приборы и устройства для внутреннего освещения, суммарная мощность которых составит  $P_3 = \sum_k P_k^k$ ,

где  $P_k^k$  – мощность  $k$ -го осветительного прибора или установки, кВт.

Осветительные приборы и устройства для наружного освещения объектов и территории, суммарная мощность которых  $P_4 = \sum_l P_l^l$ ,

где  $P_l^j$  – мощность  $l$ -го осветительного прибора или установки, кВт.

Сварочные трансформаторы, мощность которых  $P_3 = \sum_{\mu} P_3^{\mu}$ ,

где  $P_3^{\mu}$  – мощность  $\mu$ -го сварочного трансформатора, кВт.

Общий показатель требуемой мощности для строительной площадки составит

$$P = \alpha \left( \frac{K_1 P_1}{\cos \varphi_1} + \frac{K_2 P_2}{\cos \varphi_2} + K_3 P_3 + K_4 P_4 + K_5 P_5 \right),$$

где  $\alpha$  – коэффициент потери мощности в сетях в зависимости от их протяженности, сечения и др. (равен 1,05 – 1,1);  $\cos \varphi_1$  – коэффициент мощности для группы силовых потребителей электромоторов (равен 0,7);  $\cos \varphi_2$  – коэффициент мощности для технологических потребителей (равен 0,8);  $K_1$  – коэффициент одновременности работы электромоторов (до 5 шт. – 0,6; 6 – 8 шт. – 0,5; более 8 шт. – 0,4);  $K_2$  – то же, для технологических потребителей (принимается равным 0,4);  $K_3$  – то же, для внутреннего освещения (равен 0,8);  $K_4$  – то же, для наружного освещения (равен 0,9);  $K_5$  – то же, для сварочных трансформаторов (до 3 шт. – 0,8; 3 – 5 шт. – 0,6; 5 – 8 шт. – 0,5 и более 8 шт. – 0,4).

При определении расхода электроэнергии на внутреннее и наружное освещение целесообразно использовать удельные показатели мощности (табл. 5).

Таблица 5

Освещаемая площадь	Удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup>
Зоны производства механизированных земляных, бетонных работ, каменной кладки	0,8
Зоны производства свайных, маломеханизированных земляных и бетонных работ	0,5
Главные проходы и проезды	5
Второстепенные проходы и проезды	2,5
Охранное освещение	1,5
Склады	3
Канторские и общественные помещения	15
Мастерские	18

Освещенность мест производства строительного-монтажных работ должна быть не менее 2 лк. Рекомендуемые осветительные приборы приведены в табл. 6.

Таблица 6

Ширина зоны территории, м	Осветительные приборы
До 20	Светильники с лампами накаливания
От 21 до 150	Осветительные приборы с лампами ДРЛ
От 151 до 300	Прожекторы с лампами накаливания
Св. 300	Осветительные приборы с ксеноновыми лампами

В городских условиях выбор источников электроэнергии для временного электроснабжения строительной площадки осуществляется обычно за счет подключения к городской электросистеме. При невозможности подсоединения к городской электросистеме применяют электростанции, которые располагают в местах сосредоточения потребителей электроэнергии.

Последовательность расчета электроснабжения указана в блок-схеме рис.1

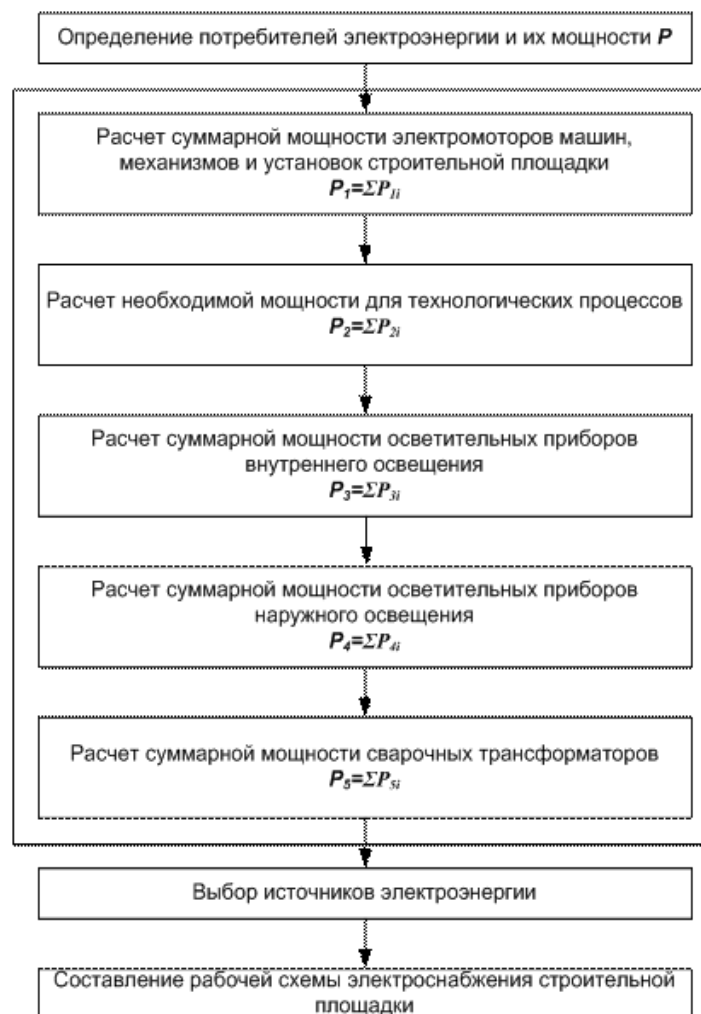


Рис. 2. Блок-схема электроснабжения строительной площадки

## 1. ЗАДАНИЕ НА РАБОТУ

Используя исходные данные курсового проекта провести расчет электрических нагрузок для промышленного объекта, результаты свести в таблицы.

## 2. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ И ПРОГРАММА ЕЕ ПРОВЕДЕНИЯ.

### *Расчет параметров электроприемника*

1. Исходные данные электроприемника приведены в табл. 7.

Таблица 7 - Исходные данные

Наименование параметра	Обозначение	Единица измерения	Значение параметра
Тип потребителя	—	—	
Тип подключения	—	—	
Номинальное напряжение	$U_{ном}$	кВ	
Паспортная мощность	$P_{ном}$	кВт	
Номинальный коэффициент мощности	$\cos\varphi$	—	
Номинальный коэффициент полезного действия	$\eta_{ном}$	—	

2. Получить результаты расчета табл. 7

Таблица 7 - Результаты расчета

Наименование параметра	Обозначение	Единица измерения	Значение параметра
Расчетная полная мощность	$S_p$	кВ·А	
Расчетная активная мощность	$P_p$	кВт	
Расчетный ток	$I_p$	А	
Номинальный коэффициент	$\cos\varphi$	—	

МОЩНОСТИ			
----------	--	--	--

### 3. Сравнить результаты расчетов

#### *Расчет электрических нагрузок методом коэффициента использования*

##### 1. Исходные данные табл. 9

Таблица 9. Перечень электроприемников

Наименование электроприемника	Тип подключения	Активная мощность  Рном, кВт	Кол-во
Электроприемник_1	трехфазный		
Электроприемник_2	трехфазный		
Электроприемник_3	трехфазный		
<b>Итого</b>			

##### 2. Получить результаты расчетов табл. 10

Таблица 10. Результаты расчета электрических нагрузок

Наименование электроприемника	Тип подключения	Активная мощность Рном, кВт	Кол- во	Ки (отн.ед.)	cos	Рсм, кВт	Qсм, квар	пэ	Км	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВ·А	Ip, А
Электроприемник_1	Трехфазный												
Электроприемник_2	Трехфазный												
Электроприемник_3	Трехфазный												
<b>Итого</b>													

### 3. Сравнить результаты расчетов

#### *Расчет электрических нагрузок электроприемников квартир*

##### 1. Ввести исходные данные по типовым квартирам и по квартирам повышенной комфортности

##### 2. Результаты расчетов табл.11, табл. 12, табл. 13.

Таблица 11. Результаты расчета по типовым квартирам

Потребители электроэнергии	Кол-во квартир	Удельная мощность $P_{\text{кв.уд}}$ , кВт/квартиру	Расчетная мощность типовых квартир $P_{\text{р.кв.тип}}$ , кВт	Коэффициент мощности $\cos\varphi$	Расчетная реактивная мощность типовых квартир $Q_{\text{р.кв.тип}}$ , квар	Расчетная полная мощность типовых квартир $S_{\text{р.кв.тип}}$ , кВА	Расчетный ток типовых квартир $I_{\text{р.кв.тип}}$ , А
Квартиры с плитами на природном газе							
Квартиры с электрическими плитами, мощностью 8.5 кВт							

Таблица 12. Результаты расчета по квартирам повышенной комфортности

Потребители электроэнергии	Установленная (заявленная) мощность $P_{\text{уст}}$ , кВт	Кол-во квартир	Коэффициент спроса $K_c$	Нагрузка электроприемников квартир повышенной комфортности $P_{\text{кв.пк}}$ , кВт	Коэффициент одновременности $K_{\text{одн}}$	Расчетная мощность квартир повышенной комфортности $P_{\text{р.кв.пк}}$ , кВт	$\cos\varphi$	$Q_{\text{р.кв.пк}}$ , квар	$S_{\text{р.кв.пк}}$ , кВА	$I_{\text{р.кв.пк}}$ , А
Квартиры типа 1										
Квартиры типа 2										
ИТОГО по квартирам повышенной комфортности										

Таблица 13. Результаты расчета по квартирам в целом

Суммарная нагрузка квартир, кВт	Количество квартир	Коэффициент одновременности $K_{\text{одн}}$	Расчетная нагрузка на вводе $P_{\text{р.кв}}$ , кВт

**расчет электрических нагрузок строительных площадок (своего промышленного объекта)**

1. Ввести исходные данные табл.14.

Таблица 14. Перечень электроприемников стройплощадки (своего промышленного объекта)

Наименование электроприемника	$P_{уст}$ , кВт	Количество
Кран башенный КБ-405		
Наружное освещение		
Трансформатор сварочный		
Трансформатор понижающий		
Вагоны бытовки		
Помещения для охраны		
Металлообрабатывающие станки		
Трансформатор нагрева бетона		
Компрессор		
Переносной электроинструмент		

2. Получить результаты расчетов табл. 15.

Таблица 15. – Результаты расчета нагрузок стройплощадки

Наименование электропотребителя	Установленная мощность $P_{ном}$ , кВт	Коэффициент одновременности $K$	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , квар	$S_p$ , кВ·А
Суммарная мощность электромоторов машин, механизмов и установок строительной площадки $P_1$							
Необходимая мощность для технологических процессов $P_2$							
Суммарная мощность осветительных приборов внутреннего освещения $P_3$							
Суммарная мощность осветительных приборов наружного освещения $P_4$							
Суммарная мощность сварочных трансформаторов $P_5$							
<b>Итого по строительной площадке с учетом потерь в сетях</b>							

3. Сравнить результаты расчетов и сделать выводы.

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Отчет составляется отдельно каждым студентом и включает в себя:

- краткую характеристику работы, в которую входят цель работы и краткие теоретические сведения;
- выполненное предварительное домашнее задание;
- сводную таблицу результатов замеров и расчетов;
- выводы по работе.



## Практическая работа № 2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ.

### 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ.

Приобретения навыков расчета электрического освещения.

### 2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**Выбор способа расчетов.** В большинстве случаев светотехнический расчет световых установок сводится к определению числа и мощности источников света, обеспечивающих заданную нормированную освещенность или к определению освещенности, создаваемой на рабочих поверхностях по заданному размещению светильников и мощности источников света.

Все многообразие применяемых методов расчета освещения сводится к двум принципиально различным методам: точечному методу и методу коэффициента использования. Кроме того, существуют упрощенные приемы расчета, основанные на одном из двух указанных методов, наиболее применимым из которых считается метод удельной мощности.

Метод коэффициента использования позволяет обеспечить среднюю освещенность горизонтальной поверхности с учетом всех падающих на нее потоков, как прямых, так и отраженных. Соответственно этим особенностям, метод применяется для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей во вспомогательно-бытовых, административно-конторских и производственных помещениях, а также для расчета наружного освещения, в тех случаях, когда нормирована средняя освещенность.

Точечный метод в основном предназначен для определения освещенности в определенных точках поверхности, создаваемой всеми излучателями, освещающими данную точку, следовательно, пригоден для обеспечения минимальной освещенности. Применение точечного метода целесообразно как для расчета общего равномерного освещения, так и для расчета установок с повышенной неравномерностью освещения (например, локализованное освещение светильниками прямого света), а также для расчета местного и наружного освещения при любом расположении освещаемых поверхностей.

Хотя общее равномерное освещение может быть рассчитано обоими методами, все же в более ответственных случаях предпочтение отдается точечному методу, поскольку он позволяет более точно проанализировать распределение освещенности по площади помещения.

Упрощенные формы метода коэффициента использования (таблицы удельной мощности) используют в тех же случаях, что и сам метод. Упрощение расчетов достигается за счет некоторой утраты точности, поэтому таблицы следует применять только при тех параметрах рассчитываемой установки (тип светильника, коэффициенты отражения и т.д.), которые в них указаны.

**Расчет методом удельной мощности.** Приближенный метод определения мощностей осветительной установки при равномерном распределении источников света по удельной мощности ( $\omega$ ) более прост по сравнению с остальными методами.

Удельной мощностью  $\omega$  (Вт/м<sup>2</sup>) называется величина, равная отношению общей (установленной) мощности источников света ( $P_{уст}$ ), установленных в помещении, к площади данного помещения ( $S$ ).

$$\omega = \frac{P_{уст}}{S}.$$

Порядок расчета:

1. Наметить общее число светильников и их рядов исходя из оптимального их расположения. Определить общее число источников света

$$N = N_{св} n,$$

где  $N$  – количество источников света,  $N_{св}$  – количество светильников,  $n$  – количество ламп в светильнике.

2. Определить значение удельной мощности

Удельная мощность устанавливается по справочным таблицам в зависимости от высоты помещения, коэффициентов отражения, типов ламп и светильников [39; 48; 49]. В настоящее время существует огромное количество светильников различных типов и фирм производителей, поэтому таблицы удельных мощностей часто приводятся в зависимости от типа кривой силы света и, таким образом, позволяют охватить более широкий круг светотехнической продукции. В случае если в справочных данных при выборе типа светильника не указана его кривая силы света, ее необходимо определить. Для этого рассчитывается показатель

$$\lambda = \frac{L}{h_p},$$

где  $L$  – расстояние между светильниками или их рядами.

По значению  $\lambda$  и справочным таблицам определяется типовая кривая силы света.

Следует учесть, что таблицы удельных мощностей обычно приводятся для освещенности  $E_n=100$  лк и значений коэффициентов отражения  $\rho_n=0.5$ ;  $\rho_c=0.3$ ;  $\rho_p=0.1$ . При расчете установок, имеющих другие значения коэффициентов отражения следует пользоваться следующими коэффициентами пересчета ( $K_p$ ):

$$1.08 \text{ для } \rho_n=0.5; \rho_c=0.5; \rho_p=0.1.$$

$$0.92 \text{ для } \rho_n=0.7; \rho_c=0.5; \rho_p=0.1.$$

$$0.84 \text{ для } \rho_n=0.7; \rho_c=0.5; \rho_p=0.3.$$

Во всех других случаях  $K_p=1$ .

Пересчет для другой освещенности  $E_n$  производится по формуле:

$$\omega = \omega_{100} \frac{E_n}{100} K_p,$$

где  $\omega_{100}$  – удельная мощность при освещенности 100 лк;  $K_p$  – поправочный коэффициент на различие коэффициентов отражения потолка ( $\rho_n$ ), стен ( $\rho_c$ ) и рабочей поверхности ( $\rho_p$ ).

Как правило, справочные данные приводятся для условного КПД=100% (или в долях КПД=1). Расчетное значение удельной мощности  $\omega$  для реально применяемых светильников определяется дополнительным делением табличного значения  $\omega_{100}$  на выраженный в долях единицы КПД светильников ( $\eta_{св}$ ). Кроме того, необходимо учитывать разницу между коэффициентом запаса помещения принятым для расчета ( $K_3$ ) по справочным и реальным значением коэффициента запаса в таблице удельных мощностей ( $K_{31}$ ):

$$\omega = \omega_{100} \frac{E_n K_3 K_p}{100 \eta_{св} K_{31}},$$

3. Рассчитать общую (установленную) мощность источников света

$$P_{уст} = \omega S.$$

4. Определить мощность источника света ( $P_{л}$ )

$$P_{л} = \frac{P_{уст}}{N}.$$

**Точечный метод расчета.** Расчет освещения в точке горизонтальной, вертикальной или наклонной плоскости точечным методом связан с определением светового потока, падающего от излучателей любой формы на элементарную площадку, содержащую расчетную точку (рис.1). На рисунке приняты следующие обозначения: А – расчетная точка,  $h_p$  – высота расположения осветительного прибора (О) относительно расчетной плоскости; d, р – расстояние от проекции оси светильника на освещаемую поверхность до расчетной точки.

Все многообразие форм излучателей по процессу формирования освещенности в точке подразделяется на:

1. Точечные – это источники света, от каждого из которых в расчетную точку может упасть только один луч. Точечным можно считать излучатель, размеры которого не превышают 0,2 расстояния до освещаемой точки пространства. К точечным излучателям относятся: прожекторы, осветительные приборы с ДРЛ, МГЛ, НЛВД, НЛНД (рис. а).

2. Линейные (светящие линии) – это источники света, от каждого из которых в расчетную точку может сходить множество лучей, лежащих в одной плоскости. Линейным можно считать излучатель, длина которого превышает  $(1/2)h_p$ . К линейным относятся люминесцентные светильники (рис. б).

3. Поверхностные – это источники света, от каждого из которых в расчетную

точку может сходиться множество лучей, образующих телесный угол, приближающийся в пределе к  $2\pi$ . К ним относятся, например, установки отраженного света в виде световых потолков.

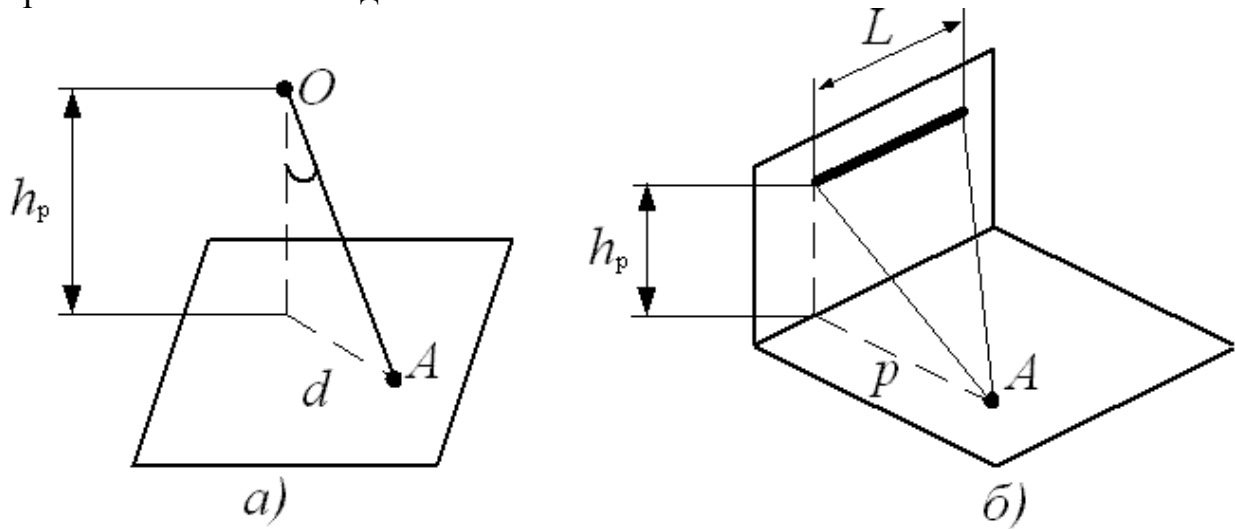


Рис.1

**Расчет освещения производственных помещений.** Световой поток лампы  $\Phi_L$ , необходимый для обеспечения заданной минимальной освещённости  $E_{\text{норм}}$  при количестве однотипных светильников  $N$  определяется по формуле:

$$\Phi_L = \frac{E_{\text{норм}} K_z F z}{N \eta},$$

где  $K_z$  – коэффициент запаса, справочная величина;

$F$  – площадь освещаемой поверхности,  $\text{м}^2$ ;

$z$  – коэффициент минимальной освещённости:

$z=1,1$  – для люминесцентных ламп,

$z=1,15$  – для ламп накаливания и ламп ДРЛ,

$$z = \frac{E_{\text{ср}}}{E_{\text{норм}}},$$

где  $E_{\text{ср}}$  – средняя освещённость, лк;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока источника света, доли единиц.

Коэффициент  $\eta$  принимается по в зависимости от типа светильника и типа лампы, коэффициентов отражения потолка  $\rho_{\text{п}}$ , стен  $\rho_{\text{ст}}$  и рабочей поверхности  $\rho_{\text{р}}$ , а также в зависимости от индекса помещения. Индекс помещения учитывает его размеры и определяется по формуле:

$$i = \frac{a \times b}{h(a+b)},$$

где  $a$ ,  $b$  и  $h$  – длина, ширина и высота помещения, м.

Если тип светильников и ламп известен, то определив по паспортным данным световой поток одного светильника можно определить их количество, необходимое для создания  $E_{\text{норм}}$ :

$$N = \frac{E_{\text{норм}} K_z F_z}{\Phi_{\text{л}} \eta}.$$

Общая мощность светильников, установленных в  $i$ -ом помещении:

$$P_{\text{уст},i} = P_1 N,$$

где  $P_1$  – мощность одного светильника.

Расчётная мощность осветительных установок для  $i$ -го помещения определяется:

$$P_{\text{расч},i} = K_c K_{\text{ПРА}} P_{\text{уст},i},$$

где  $K_c$  – коэффициент спроса, значения приведены в [40];

$K_{\text{ПРА}}$  – коэффициент, учитывающий потери мощности в ускорегулирующей аппаратуре, значения приведены в [40].

Расчетная реактивная нагрузка осветительных установок для  $i$ -го помещения:

$$Q_{\text{расч},i} = P_{\text{расч},i} \operatorname{tg} \varphi,$$

где  $\operatorname{tg} \varphi$  соответствует  $\cos \varphi$  осветительной установки. Значения  $\cos \varphi$  приведены в [40].

Расчётные мощности осветительных сетей в целом:

$$P_{\text{расч}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{расч},i},$$

$$Q_{\text{расч}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{расч},i},$$

$$S_{\text{расч}} = \sqrt{P_{\text{расч}}^2 + Q_{\text{расч}}^2}.$$

**Расчет освещения жилых и общественных помещений.** Целью светотехнического расчета является разработка рекомендаций по расположению оптимального количества светильников нужного типа в помещении для создания комфортных, удовлетворяющих всем нормам условий пребывания человека.

Одним из наиболее важных качественных показателей освещения, регламентируемых нормативными документами, является коэффициент пульсации. Для офисных помещений нормируемый коэффициент пульсации в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 составляет не более 10%, а если в помещениях планируется работа за компьютером, это значение составляет не более 5%. Наиболее простым и эффективным способом устранения пульсаций светового потока является использование светильников с электронной пускорегулирующей аппаратурой.

При выборе светильников также нужно определиться с типом потолка в помещении для того, чтобы понять, каким образом фиксировать на нем осветительные приборы.

По методу коэффициентов использования необходимое количество светильников  $N$  в осветительной установке определяется с помощью формулы:

$$N = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3}{K_{И} \cdot n \cdot \Phi_L},$$

где  $E_H$  – нормативный уровень освещенности, лк;  $S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;  $K_3$  – коэффициент запаса;  $K_{И}$  – коэффициент использования;  $n$  – количество ламп в светильнике;  $\Phi_L$  – световой поток одной лампы в светильнике.

Основным критерием, по которому определяется необходимое количество осветительных приборов, является нормируемый уровень освещенности  $E_H$ . Этот показатель для помещения по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 (СНиП 23-05-95) составляет 300 лк для расчетной плоскости на высоте 0,8 м от пола.

Площадь помещения определяется по формуле:

$$S = a \cdot b,$$

где  $a$  – длина помещения, м;  $b$  – ширина помещения, м.

Коэффициент использования  $K_{И}$  характеризует эффективность использования светового прибора в помещении. Для его определения необходимо знать индекс помещения  $\varphi$  и коэффициенты отражения стен, пола и потолка. Рассчитывается индекс помещения (рис. 1) по формуле:

$$\varphi = \frac{S}{(h_1 - h_2) \cdot (a + b)},$$

где  $h_1$  – высота помещения, м;  $h_2$  – высота расчетной поверхности, м.

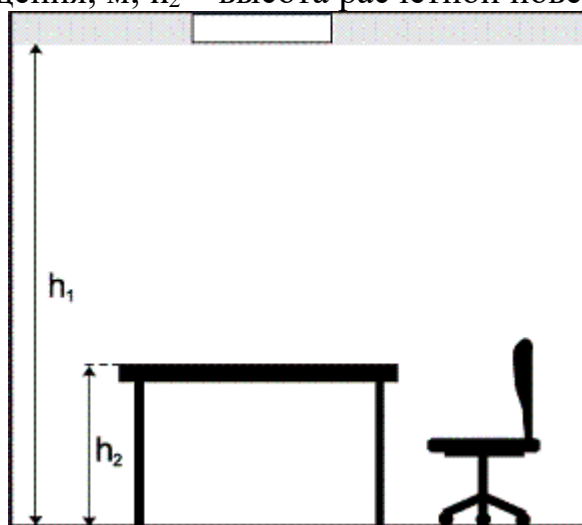


Рис. 1 – Схема помещения

С учетом коэффициентов отражения стен, пола и потолка по таблицам производителей светильников определяют коэффициент использования  $K_{И}$ . Для известного количества ламп в светильнике  $n$  выбранного типа и светового потока  $\Phi_L$  по формуле (1) определяется требуемое количество светильников. С учетом допуска -10%–+20% количество светильников может варьироваться.

### 3. ЗАДАНИЕ НА РАБОТУ

Используя исходные данные курсового проекта провести расчет электрических нагрузок для промышленного объекта, результаты свести в таблицы.

#### 4. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ И ПОРЯДОК ЕЕ ПРОВЕДЕНИЯ.

***Расчет освещенности производственных помещений.*** Расчет освещенности осуществляется методом коэффициента использования светильников

##### 1. Исходные данные в табл. 1-5.

Таблица 1.

Наименование помещения	Длина помещения (А), м	Ширина помещения (В), м	Высота помещения (Н), м	Высота свеса светильников (Нс), м	Высота рабочей поверхности (Нр), м	Нормируемый уровень освещенности (Енорм), лк	Коэффициент отражения потолка, %	Коэффициент отражения стен, %	Коэффициент отражения рабочей поверхности, %	Средняя в цехе
Помещение 1										

Таблица 2

Наименование помещения	Расчетная высота (Нр), м	Средняя в цехе	Тип светильника	Количество ламп (Nл), шт	cosφ	Тип лампы	Мощность лампы (Рл), Вт	Световой поток лампы (Фл), лм
Помещение 1								

Таблица 3

Наименование помещения	Средняя в цехе	Индекс помещения (i)	Коэффициенты отражения	Тип лампы	Коэффициент минимальной освещенности (z)	Коэффициент запаса (Кз)	Коэффициент использования (Ки)
Помещение 1							

Таблица 4

Наименование помещения	Тип светильника	Количество ламп (Nл)	Тип лампы	Количество светильников (Nсв)	Количество светильников (Nсв), принятое	Примечание
Помещение 1						

Таблица 5

Наименование помещения	Тип светильника	Количество ламп (Nл)	Тип лампы	Количество светильников (Nсв)	Мощность лампы (Рл), Вт	Мощность установленная (Руст), кВт	Коэффициент спроса	Коэффициент ПРА	Мощность активная расчетная (Рр), кВт	cos φ	Мощность реактивная расчетная (Qр), кВар
Помещение 1											

##### 2. Получить результаты расчетов табл.7

Таблица 7

Наименование помещения	Тип светильника	Количество ламп (Nл)	Тип лампы	Количество светильников (Nсв)	Мощность лампы (Рл), Вт	Мощность установленная (Руст), кВт	Мощность активная расчетная (Рр), кВт	Мощность реактивная расчетная (Qр), кВар	cosφ
Помещение 1									
ИТОГО		-	-		-				-

### 3. Сравнить результаты расчетов и сделать вывод

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Отчет составляется отдельно каждым студентом и включает в себя:

- краткую характеристику работы, в которую входят цель работы и краткие теоретические сведения;
- выполненное предварительное домашнее задание;
- сводную таблицу результатов замеров и расчетов;
- выводы по работе.

### Библиографический список

1. Жаворонков М.А. Электротехника и электроника: учебное пособие для вузов/М.А. Жаворонков, А.В. Кузин.-М.: Академия, 2005.-400с.
2. Кужеков С.Л. Городские электрические сети: Учебное пособие/С.Л. Кужеков, С.В. Гончаров.-Ростов-н/Д.: МарТ, 2001.-256с.
3. Рекус Г.Г. Сборник задач и упражнений по электротехнике и основам электроники: Учебное пособие для неэлектротехнических спец. вузов/ Г.Г. Рекус, А.И. Белоусов.- 2-е изд. перераб.-М.: Высшая школа, 2001.-416с.
4. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: Учеб. пособие для сред.проф. образования/Е.А.Конюхова .-М.: Мастерство.Высш.шк.2001.-320с.
5. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения.: учебное пособие для среднего профессионального образования/В.П.Шеховцов.-М.: Форум. Инфра-М.2005.-213с.
6. Иванов И.И. Электротехника.: учебник для вузов/ И.И. Иванов, Г.И. Соловьев, В.С. Равдоник. – 4-е изд. Стер.-СПб и др.: Лань, 2006.-496с.
7. Паначевный Б.И. Курс электротехники.: учебник для вузов/ Б.И. Паначевный. – 2-е изд. дораб.-Ростов-н/Д: Торсинг, 2002.-288с.
8. Николаевская И.А. Инженерные сети и оборудование территорий, зданий и стройплощадок: учебник для сред. проф. Образования/ И.А. Николаевская, Л.А. Горлопанова, Н.Ю. Морозова.-М.: Академия, 2004.-224с.
9. Зайцев В.Е. Электротехника. Электроснабжение, электротехнология и электрооборудование строительных площадок: учеб. пособие для сред. проф.



- образования/ В.Е. Зайцев, Т.А. Нестерова.-2-е изд. Испр.-М. Академия, 2004.-128с.
10. Ус.А.Г. Электроснабжение промышленных предприятий и гражданских зданий учебное пособие для средних учебных заведений/ А.Г. Ус, Л.И. Евминов.-Минск: НПООО «Пион», 2002.-457с.
11. Электротехника и электроника: учебное пособие для вузов/В.В. Кононенко и др.: под ред В.В. Кононенко. – 4-е изд. – Ростов-н/Д: Феникс.2008.-778с.
12. Кужеков С.Л. Практическое пособие по электрическим сетям электрооборудованию/ С.Л. Кужеков, С.В. Гончаров.-4е изд. доп. и перераб.-Ростов-н/Д:Феникс. 2010.-493с.