Министерство энергетики и электрификации СССР
Укргипроэнерго

Министерство жилищно-коммунального хозяйства РСФСР
АКХ им. К. Д. Памфилова
Гипрокоммунэнерго

Методика

определения электрических нагрузок городских потребителей

Москва 1981

gost.e-ecolog.ru

Министерство
жилищно-коммунального
хозяйства РСФСР
ордена Трудового Красного Знамени
Академия коммунального хозяйства
им. К.Д. Памфилова
Гипрокоммунэнерго

Министерство энергетики
и электрификации СССР
Укргипроэнерго

МЕТОДИКА

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ГОРОДСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Утверждена Министерством жилищно-коммунального хозяйства РСФСР и Министерством энергетики и электрификации СССР



Москва
Стройиздат
1981

УДК 621.316.1 (–21)

Разработана Академией коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова *(Д.К. Бузетти, О.Г. Корягин, М.П. Майзельс, В.М. Михайлова, С.Н. Муромский, Д.К. Томлянович)*, Государственным проектным институтом Гипрокоммунэнерго *(Г.Я. Лейкин)*, Московским научно-исследовательским и проектным институтом типового и экспериментального проектирования *(А.А. Тушина)*, Украинским Государственным республиканским проектным институтом Укргипроэнерго *(Г.А. Добрушкин, В.В. Тисленко)*.

Методика определения электрических нагрузок городских потребителей/АКХ им. К.Д. Памфилова.— М.:Стройиздат, 1981.— 76 с.

Приведена методика определения электрических нагрузок жилых и общественных зданий, установок наружного освещения, городского электротранспорта, систем теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения, а также промышленных предприятий, присоединенных к городским электрическим сетям.

Предназначена для инженерно-технических работников, занятых эксплуатацией городских электрических сетей.

М $\frac{30213-377}{047\,(01)-81}$ Инструкт.-нормат., I вып.— 130—80. 2302040000

©Стройиздат, 1981

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая методика определения электрических нагрузок городских потребителей выполнена на основании постановления Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике № 530 от 7 декабря 1973 г. и приказа Министерства энергетики и электрификации СССР и Министерства жилищно-коммунального хозяйства РСФСР № 59/86 от 28 февраля 1975 г.

В Методике дано определение фактических электрических нагрузок и связанных с ними показателей, являющихся исходной информацией для разработки нормативных расчетных нагрузок городских потребителей, а также даны предложения по однозначному определению и обозначению основных величин и коэффициентов, применяемых в расчетах электрических нагрузок, их исследованиях и при обработке результатов исследований.

В Общей части Методики описано назначение и область применения ее, приведены основные понятия, обозначения и определения величин и коэффициентов, применяемых в расчетах электронагрузок.

В разделе "Методические положения по определению электрических нагрузок" даны рекомендации по проведению экспериментальных исследований и обработке их результатов с применением теории вероятностей и математической статистики. Рассмотрены математические основы формирования нагрузок, разработаны методические положения по количественной оценке электрических нагрузок, методы построения графиков нагрузок и определения их характеристик. Особое внимание уделено методам расчета вероятности участия в максимуме нагрузок отдельных приемников, методам определения электрической нагрузки в зависимости от различных факторов (метод наименьших квадратов, корреляционные методы с многофакторным анализом и т.п.).

Рекомендованы методы определения электрических нагрузок по эксплуатационным данным.

В разделе "Методические положения по определению электрических нагрузок городских потребителей" приведены рекомендации по определению фактических и расчетных нагрузок отдельных городских потребителей (жилых и общественных зданий, наружного освещения, городского электротранспорта, системы теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения, промышленных предприятий) и в элементах городской электросети (линии напряжением 1000 В), трансформаторные подстанции (ТП), сети напряжением 10 (6) – 20 кВ, центры питания (ЦП) и др.) на основе исследований и действующих нормативных и инструктивных документов.

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Назначение и область применения

1.1. Методика имеет целью дать общие методические положения по:

проведению исследований электрических нагрузок для выявления расчетных коэффициентов и других показателей, необходимых для определения фактических электрических нагрузок;

обработке результатов исследований с применением теории вероятностей и математической статистики;

определению электрических нагрузок по эксплуатационным данным;

определению расчетных нагрузок для различных элементов городской сети напряжением 0,4–20 кВ.

1.2. Методика предназначена для научно-исследовательских, проектных и эксплуатационных организаций, занятых исследованием и определением электрических нагрузок городских потребителей.

1.3. В состав городских потребителей электроэнергии входят: жилые здания, общественные здания, коммунальные предприятия, наружное освещение, инженерные сооружения (системы теплоснабжения, водопровода и канализации), электротранспорт (трамвай, троллейбус), промышленные предприятия (городского и областного значения).

1.4. Методика не распространяется на потребителей, имеющих самостоятельное, обособленное значение, как, например, потребители специфических городов (курортных, портовых и др.), метрополитен, а также крупные промышленные предприятия и общественные здания.

1.5. На основании разработанной Методики отраслевые проектные организации могут составлять дополнительные инструкции с конкретизацией некоторых расчетов, учитывающих специфические особенности данного производства и отдельных потребителей.

Основные понятия, обозначения и определения показателей и коэффициентов

1.6. В расчетах электрических нагрузок, а также при исследованиях и обработке результатов иногда требуется использовать показатели и коэффициенты, относящиеся к одному или к группе электроприемников. В соответствии с этим все величины и коэффициенты, применяемые в расчетах электрических нагрузок и при их исследованиях, подразделяются на групповые и индивидуальные.

Индивидуальные величины и коэффициенты обозначаются строчными, а групповые – прописными буквами.

1.7. Под номинальной (установленной) мощностью электроприемника с длительным режимом работы ($p_н$) понимается мощность, указанная в его техническом паспорте.

1.8. Для электроприемников с повторно-кратковременным режимом работы (общей продолжительностью цикла до 10 мин и продолжительностью рабочего периода не более 4 мин) в паспорте обычно указывают мощность $p_н$ при определенной относительной продолжительности включения ($ПВ$). Поэтому в расчет нагрузки вводят номинальную мощность, приведенную к $ПВ = 1$:

$$p_н = p_{паспн} \sqrt{ПВ_{паспн}}, \qquad (1.1)$$

где $ПВ$ – относительная продолжительность рабочего периода по каталожным данным, численно равная отношению времени работы $t_р$ к общей длительности цикла $T_ц$;

$$ПВ_{паспн} = t_р / T_ц . \qquad (1.2)$$

1.9. Для группы электроприемников номинальная групповая активная мощность – это сумма номинальных активных мощностей отдельных электроприемников, приведенных к $ПВ = 1$:

$$P_н = \sum_{i=1}^{n} P_{нi} \ . \qquad (1.3)$$

1.10. При длительности включения более 4 мин, а также при перерывах меньшей длительности между включениями номинальную мощность следует принимать как для установок с длительным режимом работы.

1.11. Под номинальной реактивной мощностью одного приемника понимается реактивная мощность, потребляемая им из сети (знак "плюс") или отдаваемая в сеть (знак "минус") при номинальной активной мощности и номинальном напряжении.

1.12. Паспортная реактивная мощность приемников *ПКР* приводится к длительному режиму, т.е. $ПВ = 1$, по формуле

$$q = q_{паспорт} \sqrt{ПВ_{паспорт}} \ . \qquad (1.4)$$

1.13. Групповая номинальная реактивная мощность – это алгебраическая сумма номинальных (паспортных) реактивных мощностей отдельных рабочих приемников, приведенных к $ПВ = 1$:

$$Q_н = \sum_{i=1}^{n} q_{нi} \ . \qquad (1.5)$$

1.14. Номинальные токи определяются аналогично:

$$i_н = i_{паспорт} \sqrt{ПВ_{паспорт}} \quad или \quad i_н = S_{паспорт} \sqrt{ПВ_{паспорт}} / (\sqrt{3}\, V_н); \qquad (1.6)$$

$$I_н = \sqrt{P_н^2 + Q_н^2} / (\sqrt{3}\, V_н). \qquad (1.7)$$

1.15. При проектировании и эксплуатации систем электроснабжения основными являются нагрузки: ток, активная, реактивная и полная мощности.

1.16. Кривая изменения нагрузки во времени называется графиком нагрузки соответственно по активной мощности, реактивной, полной мощности или току.

1.17. Графики нагрузок подразделяют на индивидуальные для отдельных приемников электроэнергии и групповые для групп приемников электроэнергии.

1.18. Индивидуальные графики нагрузок обозначают строчными буквами: $p(t)$, $q(t)$, $i(t)$, а групповые – теми же буквами, но прописными: $P(T)$, $Q(T)$, $I(T)$.

1.19. В общем виде среднюю нагрузку за любой интервал времени определяют из выражений:

для одного приемника

$$\bar{p} = \int_0^t p\, dt / t \ ; \qquad \bar{q} = \int_0^t q\, dt / t \ ; \qquad (1.8)$$

для группы приемников

$$\bar{P} = \int_0^T P\, dT / T \ ; \qquad \bar{Q} = \int_0^T Q\, dT / T \ . \qquad (1.9)$$

1.20. Средняя активная (реактивная) мощность группы приемников равна сумме средних активных (реактивных) мощностей отдельных приемников, входящих в данную группу:

$$\bar{P} = \sum_{i=1}^{n} \bar{P}_i \ ; \qquad \bar{Q} = \sum_{i=1}^{n} \bar{q}_i \ . \qquad (1.10)$$

Аналогично среднюю нагрузку группы приемников по току определяют из выражения

$$\bar{I} = \sum_{i=1}^{n} \bar{i}_i \ . \qquad (1.11)$$

1.21. Средние нагрузки по активной (реактивной) мощности за максимально загруженную смену и год обозначают соответственно дополнительными индексами и определяют из выражений:

$$\bar{P}_{см} = W_{см} / t_{см} \ ; \quad \bar{Q}_{см} = W_{р\cdot см} / t_{см} \ ; \qquad (1.12)$$

$$\bar{P}_{год} = W_{год} / 8760 \ ; \quad \bar{Q}_{год} = W_{р\cdot год} / 8760, \qquad (1.13)$$

где $W_{см}, W_{год}$ – количество энергии, потребляемое в смену, за год, кВт·ч; $t_{см}$ – длительность смены, ч.

1.22. Групповые квадратичные графики нагрузки $P^2(T), Q^2(T), I^2(T)$ характеризуются значениями среднеквадратичной нагрузки $\bar{P}_к, \bar{Q}_к, \bar{I}_к$ исходного графика за рассматриваемый период времени (сутки, месяц, год).

1.23 Среднеквадратичные нагрузки $\bar{P}_к, \bar{Q}_к, \bar{I}_к$ за любой интервал времени в общем виде определяют из выражений:

$$\bar{P}_к = \sqrt{1/T \int_0^T P^2(T)\, dt} \ ; \qquad (1.14)$$

$$\bar{Q}_к = \sqrt{1/T \int_0^T Q^2(T)\, dt} \ ; \qquad (1.15)$$

$$\bar{I}_к = \sqrt{1/T \int_0^T I^2(T)\, dt} \ , \qquad (1.16)$$

где T – рассматриваемый период времени.

1.24. Максимальное значение активной, реактивной, полной мощности или тока представляет собой наибольшее из соответствующих средних величин за определенный интервал времени $(\bar{P}_м, \bar{Q}_м, \bar{S}_м, \bar{I}_м)$

1.25. По продолжительности различают два вида максимальных нагрузок:

длительные различной продолжительности (15, 30, 60 мин и т.д.), определяемые для выбора максимальных потерь мощности в сетях;

кратковременные (пиковые) длительностью 1–2 с, используемые для определения колебания напряжения в сетях, проверки сетей по условиям самозапуска двигателей и т.д.

1.26. За расчетную активную электрическую нагрузку $P_м$ потребителя или элемента сети принимают вероятную максимальную нагрузку за 30 мин.

1.27. Показатели графиков нагрузок – коэффициенты, характеризующие режим работы приемников или потребителей электроэнергии по мощности или во времени, – применяют при исследованиях и расчетах электрических нагрузок.

1.28. Коэффициенты графиков нагрузок определяют как для индивидуального, так и для группового графика активной, реактивной и кажущейся мощности (тока).

1.29. Для обозначения коэффициентов графиков нагрузок принята следующая система:

все коэффициенты индивидуальных графиков обозначают k, групповых – K;

род коэффициента отмечают индексом первой буквой (русской) его названия;

все коэффициенты графиков по активной мощности P, p обозначают без дополнительного индекса, а по реактивной мощности Q, q и току

I, i – с дополнительными индексами p и I; например, $K_{з.г}$ и $K_{з.гр}$ означают коэффициент заполнения группового графика соответственно по активной и реактивной мощности.

1.30. Коэффициентом использования активной мощности приемника $k_и$ или группы приемников $K_и$ называется отношение средней активной мощности отдельного приемника (или группы их) к ее номинальному значению:

$$k_и = \bar{P}/P_н\ ;$$

$$K_и = \bar{P}/P_н = \sum_1^n k_и \cdot P_н / \left(\sum_1^n P_н\right). \tag{1.17}$$

1.31. Для группы приемников, состоящей из подгрупп приемников с разными режимами работы, средневзвешенный коэффициент использования активной мощности $K_и$ определяют с достаточным для практических расчетов приближением по формуле

$$K_и = \sum_1^n \bar{P}_{см} / \left(\sum_1^n P_н\right), \tag{1.18}$$

где n – число подгрупп приемников с разными режимами работы, входящих в данную группу; $\bar{P}_{см}$ – средняя мощность подгруппы за наиболее загруженную смену; $P_н$ – номинальная мощность подгруппы приемников.

Аналогично определяют коэффициенты использования по реактивной мощности и току:

$$k_{и.р} = \bar{q}/q_н\ ;\ K_{и.р} = \bar{Q}/Q_н = \sum_1^n k_{и.р} \cdot q_н / \left(\sum_1^n q_н\right) \approx \sum_1^n k_{и.р} P_н / \left(\sum_1^n P_н\right); \tag{1.19}$$

$$k_{и\,I} = \bar{I}_н / i_н\ ;\quad K_{и.I} = \bar{I}/I_н \approx \sum_1^n k_{и\,I}\, i_н / \left(\sum_1^n i_н\right). \tag{1.20}$$

1.32. Коэффициентом включения одного электроприемника $k_в$ называется отношение продолжительности включения одного электроприемника в цикле $t_в$, равной сумме продолжительности работы с нагрузкой $t_р$ и продолжительности холостого хода $t_х$, ко всей продолжительности цикла $t_ц$:

$$k_в = t_в / t_ц = (t_р + t_х) / t_ц\ . \tag{1.21}$$

1.33. Коэффициентом включения группы электроприемников или групповым коэффициентом включения $K_в$ называется средневзвешенное (по номинальной активной мощности) значение коэффициентов включения всех приемников, входящих в группу, определяемое по формуле

$$K_в = \sum_1^n k_в \cdot P_н / \left(\sum_1^n P_н\right). \tag{1.22}$$

1.34. Коэффициентом загрузки $k_з$ приемника по активной мощности называется отношение фактически потребляемой им активной мощности (средней нагрузки $\bar{P}_в$ за время включения в течение $t_ц$) к его номинальной мощности:

$$k_з = \bar{P}_в / P_н = \bar{P}/P_н \cdot t_ц / t_в = k_и / k_в\ . \tag{1.23}$$

Аналогично выражению (1.23) коэффициенты загрузки по реактивной мощности и току равны:

$$k_{з.р} = k_{и.р} / k_в\ ;\qquad k_{з\,I} = k_{и\,I} / k_в\ . \tag{1.24}$$

1.35. Групповым коэффициентом загрузки по активной мощности $K_з$ называется отношение группового коэффициента использования $K_и$ к групповому коэффициенту включения $K_в$:

$$K_з = K_и / K_в . \tag{1.25}$$

1.36. Коэффициентом формы индивидуального и группового графика нагрузок $k_{ФI}$ и $K_{ФI}$ называется отношение среднеквадратичного тока (среднеквадратичной полной мощности) приемника или группы приемников за определенный период к среднему значению его за тот же период:

$$k_{ФI} = \bar{i}_к / \bar{i} = \bar{s}_к / \bar{s} ; \tag{1.26}$$

$$K_{ФI} = I_к / \bar{I} = \bar{S}_к / \bar{S} . \tag{1.27}$$

Аналогично коэффициенты формы графика нагрузки по активной и реактивной мощности определяют из выражений:

$$k_Ф = \bar{p}_к / \bar{p} ; \qquad K_Ф = \bar{P}_к / \bar{P} ; \tag{1.28}$$

$$k_{Ф.р} = \bar{q}_к / \bar{q} ; \qquad K_{Ф.р} = \bar{Q}_к / \bar{Q} . \tag{1.29}$$

1.37. Коэффициент формы графика нагрузок группы приемников одного режима работы (с одним и тем же значением $k_и$ и $k_Ф$), включаемых независимо друг от друга, определяют по формуле

$$K_Ф = \sqrt{1 + (k_Ф^2 - 1)/n_э} = \sqrt{1 + 1/n_э (k_{Ф.в}^2 / k_в - 1)}, \tag{1.30}$$

где $n_э$ – эффективное число приемников группы [см. формулы (1.44) и (1.45)]; $k_{Ф.в}$ – коэффициент формы индивидуального графика по активной мощности за время включения:

$$k_{Ф.в} = k_Ф \sqrt{k_в} . \tag{1.31}$$

1.38. В условиях эксплуатации коэффициент формы графика нагрузки по активной мощности определяют по формуле

$$K_Ф = \sqrt{n} \sqrt{\sum_1^n (\Delta W_i)^2 / W} , \tag{1.32}$$

где W – расход активной электроэнергии за время T по показаниям счетчика; ΔW_i – расход активной электроэнергии за время $\Delta T = T/n$ по показаниям счетчика; n – число равных интервалов, на которое разбит график нагрузки по активной мощности, снятый за период T.

Аналогично определяют коэффициенты формы графика нагрузок по реактивной, кажущейся мощности или току.

1.39. Коэффициентом максимума активной мощности $k_м$, $K_м$ называется отношение расчетной активной мощности $p_м$ и $P_м$ к средней нагрузке $\bar{p}$, $\bar{P}$:

$$k_м = p_м / \bar{p} \quad ; \qquad K_м = P_м / \bar{P} . \tag{1.33}$$

Аналогично определяют коэффициент максимума графика нагрузки по току:

$$K_{мI} = I_м / \bar{I} . \tag{1.34}$$

1.40. Коэффициентом спроса по активной мощности называется отношение расчетной активной мощности (тридцатиминутного максимума)

к номинальной установленной (или номинальной приведенной) мощности электроприемников:

$$K_c = P_м / P_н \quad \text{или} \quad K'_c = P_м / P'_н , \tag{1.35}$$

где $P_м$ – *расчетная активная мощность*, кВт; $P_н$ – *номинальная установленная* мощность электроприемников, кВт; $P'_н$ – номинальная приведенная мощность электроприемников, кВт.

1.41. Коэффициент заполнения графика нагрузки $K_{з.г}$ за какой-то промежуток времени (сутки, наиболее загруженная смена) представляет собой отношение средней активной мощности к максимальному значению мощности за один и тот же промежуток времени:

$$K_{з.г} = \bar{P}/P_м = W_{сут}/24 P_м . \tag{1.36}$$

Аналогично выражение для коэффициентов заполнения графиков нагрузки по реактивной мощности:

$$K_{з.г\,р} = \bar{Q}/Q_м . \tag{1.37}$$

1.42. Коэффициенты использования максимума, заполнения графика и спроса связаны следующими равенствами:

$$K_м = 1/K_{з.г} ; \tag{1.38}$$

$$K_c = K_м \cdot K_и = K_и / K_{з.г} . \tag{1.39}$$

1.43. Коэффициентом совмещения (одновременности) расчетных максимумов нагрузок электроприемников называется отношение расчетного максимума суммарной нагрузки электроприемников к сумме расчетных нагрузок электроприемников:

$$K_{сов} = P_м / \left(\sum_1^n P_{м_i}\right) , \tag{1.40}$$

где $P_м$ – расчетный максимум суммарной нагрузки потребителей, кВт; $\sum_1^n P_{м_i}$ – сумма расчетных нагрузок отдельных потребителей, кВт.

1.44. Коэффициентом участия в максимуме расчетного максимума потребителей в максимуме общей нагрузки называется отношение нагрузки рассматриваемого потребителя, участвующей в образовании максимума общей нагрузки $P_{i t_м}$, к максимуму нагрузки $P_{м_i}$:

$$K = P_{i t_м} / P_{м_i} . \tag{1.41}$$

1.45. Коэффициент относительного максимума нагрузки показывает соотношение максимумов нагрузок различных сезонов (например, летом и зимой):

$$K_0 = I_{м.лет} / I_{м.зим} . \tag{1.42}$$

1.46. Годовое число часов использования максимума активной мощности $T_м$ представляет собой отношение годового расхода активной $W_{год}$ энергии группой электроприемников к расчетному максимуму активной мощности:

$$T_м = W_{год} / P_м . \tag{1.43}$$

1.47. Эффективное (приведенное) число электроприемников $n_э$ – это такое число однородных по режиму работы электроприемников одинаковой мощности, которое обусловливает то же значение расчетного

максимума, что и группа различных по мощности и режиму работы электроприемников.

Точное значение эффективного числа электроприемников рассчитывают по выражению

$$n_э = \left(\sum_1^n P_н\right)^2 \Big/ \left(\sum_1^n P_н^2\right). \qquad (1.44)$$

1.48. При достаточно большом числе электроприемников ($n>10$) и незначительных различиях их установленных мощностей ($P_{макс}/P_{мин}<5$) эффективное число электроприемников достаточно точно определяют по формуле

$$n_э = 2\sum_1^n P_н / P_{макс}\ , \qquad (1.45)$$

где n – общее число электроприемников, подключенных к элементу сети; $P_{макс}$ – мощность наибольшего электроприемника, кВт; $\sum_1^n P_н$ – суммарная установленная мощность всех электроприемников, присоединенных к данному элементу сети, за исключением резервных электроприемников и пожарных насосов, кВт.

Если все электроприемники группы имеют одинаковую установленную мощность $P_н$, то $n_э = n$. Если электроприемники группы имеют различные номинальные мощности, $n_э < n$.

1.49. Удельная мощность на единицу площади – отношение расчетной нагрузки предприятия к его производственной площади:

$$P_0 = P_м / F, \qquad (1.46)$$

где F – *производственная площадь предприятия.*

1.50. Энерговооруженность – отношение расчетной нагрузки предприятия к числу рабочих в смене:

$$P_0' = P_м / N_{см}\ , \qquad (1.47)$$

где $N_{см}$ – число рабочих в смене.

1.51. Удельный расход энергии на единицу продукции – отношение энергии, потребленной предприятием за определенный период времени (за год), к количеству продукции (в натуральном или денежном выражении), выпущенной предприятием за тот же период времени:

$$W_0 = W_{год} / M_{год}\ , \qquad (1.48)$$

где $M_{год}$ – количество продукции, выпущенной предприятием за год, шт., т, м^3 и пр.

1.52. Удельный расход энергии на одного работающего – отношение энергии, потребленной предприятием за определенный период времени (за год), к среднему числу работников, занятых непосредственно на производстве, за тот же период времени:

$$W = W_{год} / N_{год} \qquad (1.49)$$

1.53. Годовой фонд рабочего времени $T_ф$ – время работы предприятия за год.

1.54. Средняя яркость поверхности дорожного покрытия в направлении наблюдателя, находящегося на оси движения транспорта, – яркость равнояркой поверхности таких же угловых размеров, создающая такую же освещенность на зрачке наблюдателя. Средняя яркость определяется для участка дорожного покрытия, расположенного на расстоянии от 60 до 160 м от наблюдателя при высоте его глаз 1,5 м над уровнем покрытия.

1.55. *Средняя освещенность* $E_{ср}$ – *среднее арифметическое значение* освещенности, определяемое для участка дорожного покрытия, ограниченного шагом светильников, по формуле

$$E_{ср} = (E_1 + E_2 + \ldots + E_n)/n, \qquad (1.50)$$

где $E_1, E_2, \ldots, E_n$ – освещенность в отдельных равномерно расположенных на участке контрольных точках, находящихся на расстоянии не более 3 м одна от другой; n – число контрольных точек (для измеряемого участка улицы или дороги должно быть не менее 15).

1.56. Кандела на квадратный метр (кд/м^2) – единица яркости в Международной системе единиц (СИ), численно равная силе света в 1 канделу с 1 м^2 площади проекции светящей поверхности на плоскость, перпендикулярную заданному направлению.

1.57. Люкс (лк) – единица освещенности в системе СИ, освещенность, создаваемая световым потоком в 1 люмен (лм), равномерно распределенным на поверхности, площадь которой равна 1 м^2.

1.58. Покрытия переходного типа – грунт-асфальтовые; щебеночные, гравийные и шлаковые с поверхностной обработкой вяжущими материалами; грунтовые, укрепленные вяжущими материалами, мостовые из булыжного и колотого камня.

1.59. Покрытия простейшего типа – грунтовые, улучшенные минеральными материалами; гравийные, щебеночные и шлаковые.

1.60. Фонарь – опора и кронштейны с расположенными на них светильниками.

1.61. Шаг фонарей или отдельных светильников – расстояние между фонарями или отдельными светильниками в одном ряду по линии их расположения вдоль улицы.

1.62. Коэффициент использования светильника по яркости – отношение светового потока светильника, отраженного от дорожной поверхности в направлении наблюдателя, к общему световому потоку установленных в светильнике ламп.

1.63. Коэффициент использования светильника по освещенности – отношение светового потока светильника, падающего на расчетную поверхность, к общему световому потоку установленных в светильнике ламп.

1.64. Показатель ослепленности – критерий оценки слепящего действия осветительной установки, определяемый по формуле

$$P = (S-1)1000, \qquad (1.51)$$

где $S = V_1/V_2$ – коэффициент ослепленности; V_1 – видимость объекта наблюдения при экранировании блеских источников; V_2 – видимость объекта наблюдения при наличии блеских источников в поле зрения.

1.65. Нагрузки, создаваемые городским электротранспортом, нестационарны вследствие характера потребления тока подвижным составом.

1.66. Основные параметры нагрузок контактной сети:

I, $I_э$ – среднее и эффективное значение тока поезда (машины), потребляемое за все время работы на линии;

n – среднее число поездов (машин) на рассматриваемом участке питания;

α – отношение полного времени работы подвижного состава на линии к суммарному времени потребления из сети электроэнергии на движение;

$\beta = (I_э^2 - I^2)/I^2$ – квадрат коэффициента вариации поездного тока.

Указанные величины должны соответствовать заданной эксплуатационной скорости подвижного состава.

1.67. Средний поездной ток $I_{п}$ и квадрат коэффициента вариации поездного тока β полностью определяют условия нагрузки следующих элементов системы электроснабжения: контактных и усиливающих проводов, рельсовой сети, положительных и отрицательных кабелей сети 600 В, силовых цепей тяговых преобразовательных подстанций.

Примечание. Ввиду того что с одной стороны, большое сечение рельсовых ниток исключает необходимость расчета на нагревание, а с другой – расчет токораспределения в рельсовых сетях преследует цели, не отвечающие задачам настоящей Методики, в дальнейшем изложении рельсовые сети не рассматриваются.

1.68. Значения эффективного тока поезда (машины) $I_{э}$ и коэффициента α следует определять на основе тяговых расчетов для заданных условий.

1.69. При выборе параметров элементов системы питания по техническим или экономическим критериям пользуются следующими основными величинами:

I – среднее арифметическое значение тока в элементах сети или подстанции, определяющее общий расход электроэнергии;

$I_{э}$ – среднеквадратичное (эффективное) значение тока в контактном проводе, кабеле или подстанции в целом, определяющее нагрев соответствующих элементов;

$I_{эк}$ – эквивалентное эффективное значение тока в контактном проводе, по которому проверяют соответствие плотности тока в проводе экономическому ее значению или выбирают сечение контактных проводов;

$I_{м}$ – максимальные нагрузки участков контактной сети или подстанции, определяющие потребную установленную мощность и условия работы защиты от перегрузок и коротких замыканий.

1.70. Расчетной электрической нагрузкой котельной $P_{кот}$, кВт, в Методике называется максимальная активная мощность, потребляемая из городской электрический сети.

1.71. Удельной расчетной электрической нагрузкой котельной $P_{кот.уд}$, кВт/(Гкал/ч), называется ее расчетная электрическая нагрузка, отнесенная к 1 Гкал/ч расчетной тепловой нагрузки обслуживаемых ею потребителей.

1.72. Расчетной тепловой нагрузкой обслуживаемых котельной потребителей в Методике называется сумма расчетных тепловых нагрузок присоединенных к тепловым сетям котельной потребителей жилищно-коммунального сектора и промышленных предприятий (без учета потерь тепла в трубопроводах тепловых сетей).

1.73. Расчетная тепловая нагрузка жилищно-коммунального сектора Q, Гкал/ч, представляет собой сумму максимальных часовых расходов тепла на отопление, вентиляцию и среднечасового расхода тепла за отопительный период на горячее водоснабжение.

1.74. *Расчетная производительность котельной представляет собой* сумму расчетной тепловой нагрузки обслуживаемых ею потребителей, потерь тепла в трубопроводах тепловых сетей и расхода тепла на собственные нужды котельной.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Экспериментальные исследования электрических нагрузок

Общие положения

2.1. Обследование нагрузок следует производить по единому плану, выбирая по возможности типовые здания и сооружения.

2.2. Применение экспериментального метода может быть успешным, если соблюдаются следующие необходимые условия при проведении эксперимента:

правильный выбор объектов исследований;

правильный выбор времени для проведения измерений;

определение точек измерений нагрузок и учет погрешностей измерения каждой величины;

учет асимметрии фазных нагрузок при измерениях;

обеспечение достаточного объема экспериментальных данных.

2.3. Исследование объекта следует строить по следующим основным этапам:

постановка задачи исследования;

выбор конкретных объектов для исследований;

подбор и изучение проектной документации на выбранные объекты;

ознакомление с отчетными данными по режимам электропотребления выбранных объектов;

изучение результатов выполненных ранее исследований;

определение периода и длительности проведения эксперимента;

изучение фактической исполнительной схемы электроснабжения и выбор точек для измерений;

подготовительные работы к проведению эксперимента;

эксперимент.

2.4. Объекты исследования следует выбирать наиболее типичными, перспективными, имеющими установившийся режим работы. Другие предпосылки для выбора объектов исследований зависят от характера исследований и местных условий.

2.5. Отбор объектов для измерений нагрузок требует особого внимания, так как одной из задач исследований является классификация объектов по группам в зависимости от назначения, однородности технологии и уровней электрификации, а также от идентичности режимов работы в процессе эксплуатации.

2.6. На основе качественной оценки режимов работы отдельных объектов (приемников) и изучения технологических процессов в пределах отдельных групп объекты (приемники) разбивают на более близкие по режиму работы и уровню электрификации.

2.7. Исследование нагрузок проводят в период ожидаемых максимальных нагрузок объекта в целом и в период ожидаемых собственных максимумов элементов сети. При этом замеры во всех точках производят одновременно. Если это выполнить затруднительно из-за недостатка измерительных приборов, то недостающие измерения можно производить в ближайшие дни при условии, что за это время не произошло заметных изменений в режимах работы и электропотребления оборудования.

2.8. Сроки проведения измерений отдельных объектов в каждом случае заранее согласуют с эксплуатационными организациями, определяют сезон максимального электропотребления и тем самым предопределяют оптимальный период проведения измерений.

2.9. Число точек снятия показаний и измерительных приборов определяется задачами эксперимента.

2.10. При исследованиях стремятся к полному оснащению приборами намеченных точек измерения.

Подготовка эксперимента

2.11. До начала измерений составляют принципиальную исполнительную схему электроснабжения электроприемников с указанием номера ТП, трансформатора, ввода, электрощита, сечения, марки, длины питающей линии, характера нагрузки (силовая, световая, смешанная) и т.п. На схеме намечают места установки измерительных приборов.

2.12. Для установки приборов в предполагаемые часы максимума нагрузки проводят предварительные измерения. На основе их показаний подбирают коэффициенты трансформации трансформаторов тока к измерительным приборам (по силе тока возможной длительной перегрузки в цепи).

2.13. Для первичной обмотки трансформатора тока выбирают большее значение номинального тока с таким расчетом, чтобы в период максимума нагрузки прибор работал в последней части шкалы.

2.14. Скорость движения ленты подбирают таким образом, чтобы можно было четко определить изменение нагрузки по времени, т.е. чтобы вертикальные линии записи не сливались.

Практически для групповых нагрузок, в составе которых отсутствуют электроприемники с повторно-кратковременными режимами работы, лучше всего этому требованию удовлетворяет скорость 60 мм/ч.

2.15. Для проведения исследования, опирающегося на статистический анализ опытных данных, очень важно число наблюдений, которые необходимо выполнить для получения надежных выводов.

2.16. Необходимое число наблюдений зависит от отклонения среднего значения от математического ожидания Δ и выражается уравнением

$$n = t_{\alpha}^2 \sigma^2 / \Delta^2 . \qquad (2.1)$$

Это уравнение справедливо для нагрузки, не имеющей явно выраженного сезонного максимума, т.е. в случае большего объема исходных наблюдений. Если нагрузка имеет сезонный максимум (например, максимум нагрузки освещения зимой, кондиционирования летом и т.д., и поэтому исследовать их следует только в этот период), используется выражение

$$n = t_{\alpha}^2 \sigma^2 N / [(N-1)\Delta^2 + t^2 \sigma^2] , \qquad (2.2)$$

где t_{α} – нормированное отклонение; σ – среднеквадратичное отклонение; N – число суток в период максимума; Δ – заданная ошибка средней величины.

Необходимое число измерений при различных значениях t_{α} и σ определяют по данным табл. 2.1.

Таблица 2.1

Вариация $\sigma / \bar{P}_{м}$	Нормированное отклонение t_{α}		
	1,65	2	3
0,05	1	1	2
0,1	3	4	9
0,15	6	9	18–20
0,2	11	15–16	30–36

2.17. Если значение вариации $\sigma/\bar{P}_н$ исследуемого параметра заранее не известно, можно исходить из следующих данных:

для групповой нагрузки $\sigma/\bar{P}_н = 0{,}1 - 0{,}15$;
для нагрузки отдельных электроприемников $\sigma/\bar{p}_н = 0{,}15 - 0{,}2$.

Измерительные приборы

2.18. Системы приборов выбирают в зависимости от конкретных условий измерений и задач исследований.

2.19. При научно-исследовательских и экспериментальных работах часто требуется не только измерить те или иные физические величины, но и зафиксировать их значения. Для этой цели могут быть использованы разнообразные регистрирующие приборы и приборы – статистические анализаторы.

2.20. По результатам регистрации измеряемых величин можно определить текущие значения измеряемой величины, тенденцию изменения этой величины и установить функциональные связи между несколькими измеряемыми величинами.

2.21. Статистические анализаторы дают возможность проводить измерение длительное время в различных сечениях суточных реализаций с запоминанием результатов.

2.22. Наиболее полную информацию об измеряемых величинах можно получить с помощью измерительных приборов с непрерывной фиксацией результатов на показателе формализованного вида информации для непосредственного ввода в ЭВМ. Таким показателем информации может служить, например, перфолента, получаемая с переносного перфоратора, на который воздействует аналого-цифровой преобразователь. Однако в настоящее время такого рода приборы не изготовляют. Применение их целесообразно при проведении массовых и продолжительных измерений в научно-исследовательских работах.

2.23. В практике измерений электрических нагрузок наибольшее распространение получили регистрирующие (самопишущие) приборы с непрерывной записью.

2.24. Для проведения исследований электрических нагрузок чаще всего применяются следующие типы приборов:

Н339 (Н390) – многопредельный переносной самопишущий амперволътметр выпрямительной системы с измерительным механизмом магнитно-электрической системы, предназначен для измерений и записи силы тока и напряжений в сетях постоянного тока и переменного тока частотой от 45 до 10 000 Гц; изменение пределов измерения по току производится переключением обмоток встроенного измерительного трансформатора; класс точности 1,5;

Н333 – переносной самопишущий амперметр переменного тока ферродинамической системы, предназначен для измерения и записи силы тока в сетях переменного тока частотой 50 Гц; класс точности 1,5;

Н393 (Н344) – щитовой самопишущий амперметр переменного тока ферродинамической системы, предназначен для измерения и записи силы тока в сетях переменного тока частотой 50 Гц; класс точности 1,5;

Н354 – переносные самопишущие трехфазные ваттметры и варметры переменного тока ферродинамической системы, предназначены для измерения и записи активной или реактивной мощности в трехфазных сетях переменного тока частотой 50 Гц без нулевого провода с неравномерной загрузкой фаз; класс точности 1,5;

Н395 (Н348) – щитовые самопишущие ваттметры и варметры переменного тока ферродинамической системы, предназначены для измерения и записи активной и реактивной мощности в трехфазных сетях перемен-

ного тока частотой 50 Гц без нулевого провода с неравномерной загрузкой фаз; класс точности 1,5;

Н396 (Н350) – щитовые самопишущие однофазные ваттметры переменного тока ферродинамической системы, предназначены для измерения и записи силы тока в сетях переменного тока частотой 50 Гц; класс точности 1,5.

2.25. Для измерения коэффициента мощности в цепях переменного тока применяют специальные приборы – фазометры. Фазометры Н351 – щитовые самопишущие однофазные фазометры выпрямительной системы; класс точности 2,5.

2.26. Токовые обмотки всех перечисленных измерительных приборов рассчитаны на номинальный ток 5 А.

2.27. В качестве преобразователей больших токов в токи, допустимые для измерительных приборов, используют измерительные трансформаторы тока. При этом первичную обмотку трансформаторов тока включают в измеряемую цепь, ко вторичной обмотке присоединяют приборы.

2.28. Схемы включения приборов обычно приводятся в паспортах. Во избежание больших потерь площадь сечения цепи вторичной коммутации должна быть не менее, мм^2:

	Медные	Алюминиевые
От трансформатора тока до приборов	2,5	4
От трансформатора напряжения до приборов	1.5	2,5

2.29. Так же, как и измерительные приборы, трансформаторы тока подразделяются на классы в зависимости от точности их показаний. Цифры, обозначающие класс трансформатора тока, показывают, какую погрешность он может иметь при полной нагрузке. С уменьшением нагрузки погрешности трансформаторов тока увеличиваются.

2.30. При массовых исследованиях электрических нагрузок чаще всего используют универсальные измерительные трансформаторы тока типа УТТ-5 и УТТ-6 на номинальное напряжение до 600 В с классом точности 0,2:

УТТ-5М – универсальный измерительный трансформатор тока, предназначен для преобразования подлежащих измерению переменных токов до 600 А в удобный для измерения ток силой 5 А; номинальные первичные токи 15, 50, 100, 150, 200, 300, 600 А; для измерений первичного тока до 50 А используется внутренняя первичная обмотка; для первичных токов от 100 до 600 А первичная обмотка накладывается от руки путем пропускания гибкого провода через центральное отверстие трансформатора:

Номинальный ток первичной цепи, А	100	150	200	300	600
Число витков первичной обмотки	6	4	3	2	1
Рекомендуемое сечение провода для навивки первичной обмотки, мм^2	16	25	35	70	240

УТТ-6М – универсальный измерительный трансформатор тока, предназначен для преобразования переменных токов от 100 до 2000 А в удобный для измерения ток силой 5 А; номинальные первичные токи 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 750, 800, 1000, 1200, 1500, 2000 А; отличительной особенностью трансформатора является отсутствие постоянной

первичной обмотки, которая накладывается от руки путем пропускания гибкого провода или шины через центральное отверстие; число витков вторичной обмотки определяется положением второго зажима для подключения прибора (табл. 2.2.)

Выполнение измерений

2.31. При эксперименте измеряют электронагрузки; подключают самопишущие приборы и наблюдают за их работой; выполняют контрольные измерения нагрузок токоизмерительными клещами, контрольные записи показаний расчетных счетчиков электроэнергии и контрольные отметки времени на диаграммной ленте; обследуют объект.

2.32. Электроизмерительные приборы устанавливают таким образом, чтобы получить характеристику работы электрооборудования, т.е. на всех вводах и питающих линиях на каждую категорию приемников.

2.33. Для контроля за показаниями регистрирующих приборов в период измерений ежедневно (2 раза в 1 сут) записывают показания расчетных счетчиков электроэнергии, которые используют для контрольной проверки данных измерительных приборов. Коэффициент корректировки показаний самопишущих приборов по показаниям расчетных счетчиков электроэнергии определяют из следующих соотношений:

$$K_{к.ср} = \sum_{1}^{n} K_к / n ; \qquad (2.3)$$

$$K_к = \tilde{W} / \tilde{P} \qquad (2.4)$$

где $\tilde{W}$ – нагрузка, определенная через расход электроэнергии за t, ч (W_t/t), кВт; $\tilde{P}$ – нагрузка, определенная по показаниям измерительных приборов как средняя за 1 ч из $2t$ средних получасовых нагрузок, кВт;

$$\tilde{P} = \sum_{1}^{2t} P/t , \qquad (2.5)$$

n – число дней измерений.

Если расхождение нагрузок более ±10%, то необходимо вводить коррективы к показаниям регистрирующих приборов путем умножения на коэффициент $K_к$.

2.34. Независимо от того, какая организация производит исследования, необходимо привлекать работников энергоснабжающих и эксплуатирующих организаций (городских электрических сетей, энергосбытов, ЖЭК, домоуправления, службы эксплуатации в общественных зданиях, технологов и электриков предприятий).

2.35. При обследовании электрических нагрузок помимо измерений и обследований следует иметь данные измерений нагрузки городской электрической сети и данные по расходу электроэнергии выбранных объектов за ряд лет для определения темпов прироста электропотребления и изменения электронагрузок.

Расшифровка регистрограмм

2.36. Процесс расшифровки регистрограмм складывается из следующих этапов:

выбор интервала усреднения нагрузки и разметка времени на диаграммной ленте;

определение цены деления масштабной линейки;

расшифровка регистрограмм.

2.37. При разметке времени на диаграммной ленте учитывают отметки времени контрольных точек. При расчете цены деления масштабной линей-

Таблица 2.2

Номинальный ток первичной цепи, А	100	150	200	250	300	400	500	600	700	800	1000	1200	1500	2000
Число витков первичной обмотки	12	8	6	6	4	3	3	2	2	2	2	1	1	1
Второй зажим вторичной обмотки	$И_2$	$И_2$	$И_2$	$И_3$	$И_2$	$И_2$	$И_3$	$И_2$	$И_3$	$И_4$	$И_5$	$И_2$	$И_3$	$И_5$
Рекомендуемое сечение, мм^2:														
провода	16	25	35	70	70	120	185	240	300	400	500	–	–	–
шины	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	50x4	50x5	55x6

ки учитывают коэффициенты трансформации установленных трансформаторов тока и напряжения, на которые рассчитана шкала прибора:

$$Ц.Д. = K_{тр.уст} / K_{тр.приб} . \quad (2.6)$$

2.38. Окончательную расшифровку регистрограмм выполняют следующим образом. Регистрограммы нагрузок разбивают на выбранные интервалы времени (например, 30 мин) и графически или методом скользящего среднего определяют среднюю нагрузку в каждом интервале. Затем на регистрограмму накладывают измерительную линейку, соответствующую шкале данного измерительного прибора, и определяют средние нагрузки за каждые 30 мин. Данные по обработке регистрограмм записывают по форме, показанной в прил. 1.

В случае несовпадения $K_{тр}$ трансформаторов тока, на который рассчитана шкала измерительного прибора, и установленного трансформатора тока полученные показания корректируют по цене деления.

2.39. При считывании регистрограмм по возможности учитывают погрешности приборов путем введения коэффициента, определенного на основе контрольных измерений, по счетчикам электроэнергии (расчетным или специально установленным) на основании сравнения интеграла потребляемой мощности за определенный срок с показаниями счетчика на тот же период (см. п. 2.33). При установке трехфазных ваттметров значения принимают непосредственно на регистрограмме, а при установке амперметров измеряют $\cos\varphi$ и $U_{раб}$, интеграл потребляемой мощности рассчитывают.

2.40. Иногда в результате нарушений нормального приведения эксперимента (неисправности приборов, утраты отдельных данных и т.п.) отдельные значения переменных не регистрируются, хотя в фиксированный момент записаны значения большинства остальных переменных.

2.41. В пустые клетки бланка (см. прил. 1) предлагается вносить интерполированные значения переменных $P(I)$:

$$P_j(I_j) = \frac{1}{2}\left[P_{j-1}(I_{j-1}) + P_{j+1}(I_{j+1})\right], \quad (2.7)$$

где j – номер строки, на которой пропущено измерение нагрузки $P(I)$.

2.42. При измерении нагрузки амперметрами или однофазными ваттметрами в каждой фазе возможно определить нагрузку с учетом асимметрии. В этом случае по регистрограммам фазных нагрузок через каждые полчаса отбирают наибольшую из трех величин. Полученный таким образом материал обрабатывают и получают максимально расчетную нагрузку нагруженной фазы ($P_{м.расч.н.ф.}$).

2.43. Для оценки асимметрии нагрузок можно пользоваться коэффициентом асимметрии фазных нагрузок в часы максимума, представляющим собой отношение силы тока в нулевом проводе I_0 к силе тока средней фазной нагрузки $I_{ср.ф}$.

$$K_{ас} = I_0 / I_{ср.ф} , \quad (2.8)$$

2.44. Расчетные нагрузки определяют:
без учета асимметрии

$$P_{макс} = 3P_{м.ср.ф} ; \quad (2.9)$$

с учетом асимметрии

$$P'_{макс} = 3P_{макс.ф} , \quad (2.10)$$

где $P_{м.ср.ф}$ – максимальная расчетная среднефазная нагрузка (на одну фазу); $P_{макс.ф}$ – максимальная расчетная среднефазная нагрузка наиболее загруженной фазы.

2.45. Коэффициент перехода от расчетной нагрузки без учета асимметрии к расчетной нагрузке с учетом асимметрии определяют выражением

$$K_{пер} = P_{макс} / P'_{макс}. \quad (2.11)$$

Обработка результатов исследований электрических нагрузок

Общие положения

2.46. Процесс формирования электрических нагрузок носит вероятностный характер.

2.47. Групповые нагрузки электроприемников представляют случайный стационарный процесс.

2.48. Для построения теории и расчетных формул особенно важно, что потребляемая мощность является суммой мощностей отдельных электроприемников.

2.49. В последнее время наметился новый подход к определению электрических нагрузок, основанный на статистических методах исследований.

2.50. Статистический метод расчета электрических нагрузок более универсален и формализован по отношению к основным вопросам, возникающим при оценке электрических нагрузок. Этот метод отвлечен от выяснения характера и доли влияния каждого из множества факторов на процесс формирования суммарной электрической нагрузки; его характеризует наиболее высокая степень обобщения, позволяющая оценить расчетную нагрузку любого вида потребителей несколькими генеральными показателями, например средним значением (математическим ожиданием) и его среднеквадратичным отклонением σ.

2.51. Существенной особенностью методов расчета электронагрузок городских сетей является использование принципа максимума средней нагрузки: интервал осреднения выбирают на основе анализа тепловых процессов в проводах, кабелях, трансформаторах и вариаций значений активной нагрузки как случайной величины.

2.52. Нагрузки отдельных потребителей рассматриваются как случайные величины, числовые характеристики законов распределения которых определяют статистическими методами.

2.53. Возможны два пути исследования нагрузок, предполагающие разные методы сбора и обработки статистического материала:

исследование нагрузок с максимально возможным объемом информации:

законы распределения;

характеристики случайных процессов нагрузок;

графики математических ожиданий;

корреляционный анализ (парный и многофакторный) и др.; предполагается аппроксимация функций распределения наиболее подходящими аналитическими выражениями с проверкой по критериям согласия (Пирсона, А.Н. Колмогорова и др.);

статистическое определение только числовых характеристик, выражающих наиболее существенные черты функций распределения:

математические ожидания;

дисперсия;

корреляционные моменты и др.

Первый путь служит в основном для выявления закономерностей формирования и количественной оценки нагрузок, второй – только для количественной оценки.

2.54. Для суждения о погрешности в определении расчетных нагрузок вероятностно-статистическим методом, а также о достаточности информации, вводимой в расчеты, необходимо знать законы распределения нагрузки.

Возможны два пути определения числовых характеристик законов распределения нагрузки:

экспериментальная запись графиков нагрузок и определения по ним числовых характеристик законов распределения суммарной нагрузки линий;

статистическая обработка и анализ материалов исследований, выполненных ранее, или эксплуатационных данных.

2.55. Основываясь на опыте исследований для групповой нагрузки (ТП, вводы, питающие линии), в первом приближении принимают нормальный закон распределения нагрузок периода максимума.

2.56. Нормальное распределение дает возможность рассчитывать вероятности появления тех или иных значений потребляемой мощности элементом сети, если к нему подключено большое число электроприемников, работающих независимо друг от друга. Расчет нагрузки состоит в розыскании уровня, превышение которого в течение длительного времени было бы маловероятно.

2.57. При нормальном законе распределения расчетная максимальная нагрузка может быть представлена в виде двух составляющих: среднего максимума нагрузки и среднеквадратичного отклонения (стандарта), умноженного на величину нормированного отклонения:

$$P_м = \bar{P}_м + t_\alpha \sigma_{\bar{P}_м} \quad , \tag{2.12}$$

где $\bar{P}_м$ – средний максимум нагрузки, кВт; $\sigma_{\bar{P}_м}$ – среднеквадратичное отклонение, кВт; t_α – нормированное отклонение (при нормальном законе распределения), которое выбирается с учетом заданной вероятности в зависимости от количества измерений (прил. 2).

2.58. Определение расчетных нагрузок сводится к нахождению расчетного отклонения t_α. Средняя нагрузка и среднеквадратичное отклонение определяют на основании экспериментальных исследований (измерений).

2.59. Для сетей с малой площадью сечения проводов и относительно малой постоянной времени нагрева следует принимать бо́льшие значения t_α (обычно принимается значение при вероятности 0,99).

2.60. Для сетей с большими значениями постоянной времени нагрева следует принимать меньшие значения t_α (обычно принимается значение при вероятности 0,95).

Методические положения по количественной оценке электрических нагрузок

2.61. Среднее значение максимальной нагрузки и среднее квадратичное отклонение определяют из выражений:

$$\bar{P}_м(\bar{Q}_м) = \sum_1^n P_i(Q_i)/n \; ; \tag{2.13}$$

$$I = \sum_1^n I_i / n \; ; \tag{2.14}$$

$$\sigma_{\bar{P}_м(Q_м)} = \sqrt{\sum_1^n \left[P_i(Q_i) - \bar{P}_м(\bar{Q}_м)\right]^2/(n-1)} \; ; \tag{2.15}$$

$$\sigma_{I_м} = \sqrt{\sum_1^n (I_i - \bar{I}_м)^2/(n-1)} \; , \tag{2.16}$$

где $P_i(Q_i)$ – наибольшее значение измеренной нагрузки за сутки (см. прил. 1), кВт (квар); n – число суток.

2.62. Для нахождения максимальной расчетной нагрузки $P_м$ экспериментальные данные обрабатывают по форме, приведенной в прил. 3.

2.63. В стр. 4 (прил. 3) записывают $P_i\,(Q_i)$ или I_i за каждый день измерений и находят $\bar{P}_м\,(\bar{Q}_м)$ или $\bar{I}_м$ по формулам (2.13) и (2.14).

2.64. В стр. 5 и 6 (прил. 3) делают все операции для определения среднеквадратичного отклонения $\sigma_{\bar{P}_м}$ по формулам (2.15) и (2.16).

2.65. Значения максимумов нагрузки, образующие временный ряд электронагрузок, получают лишь с определенной точностью из-за погрешности контрольно-измерительных приборов (трансформаторов тока и напряжения, счетчиков), неточности считывания показателей приборов, несовершенства расчетных методик и т.д.

2.66. Для оценки достоверности получаемых результатов определяют ошибки среднего максимума среднеквадратичного отклонения из выражений:

$$O_{\bar{P}_м} = t_\alpha\,\sigma_{\bar{P}_м}/\sqrt{n}\;; \tag{2.17}$$

$$O_{\bar{Q}_м} = t_\alpha\,\sigma_{\bar{Q}_м}/\sqrt{n}\;; \tag{2.18}$$

$$O_{\sigma_{\bar{P}_м}} = t_\alpha\,\sigma_{\bar{P}_м}/\sqrt{2n}\;; \tag{2.19}$$

$$O_{\sigma_{\bar{Q}_м}} = t_\alpha\,\sigma_{\bar{Q}_м}/\sqrt{2n}. \tag{2.20}$$

2.67. Действительные значения среднего максимума нагрузки $\bar{P}_м\,(\bar{Q}_м)$ и среднеквадратичного отклонения $\sigma_{\bar{P}_м}\,(\sigma_{\bar{Q}_м})$ определяют в пределах:

$$\bar{P}_м + O_{\bar{P}_м} \geqslant P_д \geqslant \bar{P}_м - O_{\bar{P}_м}\;; \tag{2.21}$$

$$\bar{Q}_м + O_{\bar{Q}_м} \geqslant Q_д \geqslant \bar{Q}_м - O_{\bar{Q}_м}\;; \tag{2.22}$$

$$\sigma_{\bar{P}_м} + O_{\sigma_{\bar{P}_м}} \geqslant \sigma_д \geqslant \sigma_{\bar{P}_м} - O_{\sigma_{\bar{P}_м}}\;; \tag{2.23}$$

$$\sigma_{\bar{Q}_м} + O_{\sigma_{\bar{Q}_м}} \geqslant \sigma_д \geqslant \sigma_{\bar{Q}_м} - O_{\sigma_{\bar{Q}_м}}. \tag{2.24}$$

2.68. Для оценки наибольшего расчетного максимума определяют вариационный коэффициент нагрузки из соотношения

$$V_{\bar{P}_м} = \sigma_{\bar{P}_м}\cdot 100/\bar{P}_м\;; \tag{2.25}$$

$$V_{\bar{Q}_м} = \sigma_{\bar{Q}_м}\cdot 100/\bar{Q}_м\;. \tag{2.26}$$

2.69. При исследовании электрических нагрузок следует вычислять показатель точности исследования среднего значения в процентах по формулам:

$$\delta_{\bar{P}_м} = O_{\bar{P}_м}\cdot 100/\bar{P}_м \quad \text{или} \quad \delta_{\bar{P}_м} = V_{\bar{P}_м}/\sqrt{n}\;; \tag{2.27}$$

$$\delta_{\bar{Q}_м} = O_{\bar{Q}_м}\cdot 100/\bar{Q}_м \quad \text{или} \quad \delta_{\bar{Q}_м} = V_{\bar{Q}_м}/\sqrt{n}\,. \tag{2.28}$$

2.70. Для учета влияния случайных отклонений электрических нагрузок на результат следует представлять их в расчетах статистическими распределениями.

2.71. Результатом определения электрических нагрузок с учетом погрешности исходных данных является совокупность значений, которые, будучи взвешены по вероятностям, дают эмпирическое распределение.

2.72. В элементах сетей к отдельным электроприемникам необходимо проверять экспериментальные статистические законы с предполагаемым нормальным законом распределения по критерию Пирсона (χ^2) или Колмогорова.

2.73. Если полученные распределения не подчиняются нормальному закону (это относится к магистралям, к которым присоединено небольшое число электроприборов, например лифты), то $\bar{P}_м$ следует определять по биноминальному закону.

2.74. Воспользовавшись вычисленными $\bar{P}_м$ и определенной во время визуального обследования (прил. 7) фактически установленной (и работающей) мощностью оборудования, определяют расчетные коэффициенты спроса (K_c или K'_c) по отдельным элементам сети (в том числе вводам).

2.75. Для определения суммарной нагрузки от нескольких вводов возможны два пути:

суммированием суточных графиков нагрузок;

по теореме сложения случайных величин:

$$\bar{P}_{м\Sigma}^{m} = \sum_{1}^{m} P_{it_м} \; ; \tag{2.29}$$

$$\sigma_{\Sigma}^{m} = \sqrt{\sum_{1}^{m} D_i} = \sqrt{\sum_{1}^{m} \sigma_i^2} \; ; \tag{2.30}$$

$$P_{м\Sigma}^{m} = \sum_{1}^{m} \bar{P}_{it_м} + 2\sigma_{\Sigma}^{m} \, , \tag{2.31}$$

где $\bar{P}_{м\Sigma}^{m}$ – среднее максимальное значение суммарной нагрузки; σ_{Σ}^{m} – среднее квадратичное отклонение среднего максимума суммарной нагрузки; $\bar{P}_{it_м}$ – среднее 30-минутное значение нагрузки каждой точки измерений в часы максимума общей нагрузки; σ_i – среднее квадратичное отклонение отдельных значений $P_{it_м}$ от $\bar{P}_{it_м}$; D_i – дисперсия отдельных значений от своего среднего значения; m – число суммируемых точек замера.

Методы построения графиков нагрузки и определение их характеристик

2.76. На основе графиков нагрузки за каждый день строят средний за n дней измерений график нагрузки для каждой точки измерений (последний столбец прил. 1). Нагрузку за каждые 30 мин определяют как среднюю из n 30-минутных нагрузок для данного отрезка времени:

$$\bar{P} = \sum_{1}^{n} P_i / n \; ; \tag{2.32}$$

$$\bar{Q} = \sum_{1}^{n} Q_i / n \, , \tag{2.33}$$

где n – число дней измерений нагрузки, кроме дней с резко отличным режимом электропотребления (суббота, воскресенье, праздничные дни).

2.77. Нагрузку каждого часа можно рассматривать как случайную величину с нормальным законом распределения и применять теоретически обоснованный в математической статистике метод малых выборок. Сущность метода заключается в том, что выборка, состоящая из небольшого числа наблюдений, дает возможность определять характеристики изучаемых явлений, наблюдаемых по всей совокупности графиков, и обосновывать показатели относительно изучаемых явлений.

2.78. Располагая данными нагрузки на некоторый период времени, определяют среднее значение нагрузки $\bar{P}(\bar{Q})$ и выборочное среднеквадратичное отклонение $\sigma_{P(\bar{Q})}$:

среднюю получасовую нагрузку определяют по формулам (2.32) и (2.33);

среднеквадратичное отклонение определяют по формулам:

$$\sigma_P = \sqrt{\frac{(P_1 - \bar{P})^2 + (P_2 - \bar{P})^2 + \ldots + (P_n - \bar{P})^2}{n-1}} \; ; \tag{2.34}$$

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{(Q_1-\bar{Q})^2+(Q_2-\bar{Q})^2+\ldots+(Q_n-\bar{Q})^2}{n-1}} \qquad (2.35)$$

где $P_1(Q_1)\ldots P_n(Q_n)$ – измеряемая получасовая нагрузка получаса, кВт (квар); n – число измерений (число суток).

2.79. Для оценки достоверности получаемых результатов определяют ошибки средней получасовой нагрузки и среднеквадратичное отклонение выражениями (2.17) – (2.20).

2.80. Действительные значения среднего показателя нагрузки $\bar{P}(\bar{Q})$ и среднеквадратичного отклонения $\sigma_{\bar{P}}$; $\sigma_{\bar{Q}}$ находят в пределах:

$$\bar{P} + O_{\bar{P}} \geqslant \bar{P}_д \geqslant \bar{P} - O_{\bar{P}}\ ; \qquad (2.36)$$

$$\bar{Q} + O_{\bar{Q}} \geqslant \bar{Q}_д \geqslant \bar{Q} - O_{\bar{Q}}\ ; \qquad (2.37)$$

$$\sigma_{\bar{P}} + O_{\sigma_{\bar{P}}} \geqslant \sigma_д \geqslant \sigma_{\bar{P}} - O_{\sigma_{\bar{P}}}\ ; \qquad (2.38)$$

$$\sigma_{\bar{Q}} + O_{\sigma_{\bar{Q}}} \geqslant \sigma_д \geqslant \sigma_{\bar{Q}} - O_{\sigma_{\bar{Q}}}\ . \qquad (2.39)$$

2.81. В некоторых случаях наряду со средними графиками необходимо знать наиболее тяжелые по нагреву суточные графики, поэтому следует определить расчетные по выражению

$$P_{ri} = \bar{P}_i + t_\alpha \sigma_{\bar{P}_i}\ . \qquad (2.40)$$

2.82. При расчете графиков заполняют таблицу изменений во времени получасового максимума нагрузки (прил. 4).

2.83. При расчетах показателей графиков (коэффициентов заполнения, коэффициента неравномерности и др.) заполняют таблицу характеристик суточных графиков нагрузки (прил. 4).

2.84. По графикам нагрузки определяют коэффициенты совмещения максимумов различных составляющих нагрузки (осветительной – бытовой и силовой нагрузки жилого дома с нагрузкой теплового пункта, встроенных или отдельно стоящих общественных зданий и т.п.) (см. п. 1.43).

Методы расчета вероятности участия в максимуме нагрузки отдельных электроприемников

2.85. Средняя (за время T) вероятность включения электроприемников в каждый момент может быть найдена из опыта как отношение

$$p_r = \bar{S}/S_{уст} = W/(P_{уст}T)\ , \qquad (2.41)$$

где W – потребляемая за период T энергия, кВт·ч; $P_{уст}$, $S_{уст}$ – присоединенная (на зажимах) активная и полная мощности электроприемника, кВт и кВ·А; $\bar{S}$ – средняя за период T потребляемая полная мощность, кВ·А.

Средняя вероятность включения учитывает не только факт включения или отключения, но и изменение потребляемой мощности.

2.86. При включении группы электроприемников, независимых друг от друга, средние вероятности включения суммируют и определяют из выражения

$$\bar{P}_r = \Sigma \bar{P}_{ri} = \Sigma \bar{S}_i/(\Sigma S_{уст}) = \Sigma S_{уст\,i}\,\bar{P}_{ri}/(\Sigma S_{уст}) = W_\Sigma/(T\Sigma P_{уст})\ , \qquad (2.42)$$

где W_Σ – сумма потребления электроэнергии отдельными электроприемниками, кВт·ч; $\Sigma S_{уст}, \Sigma P_{уст}$ – сумма присоединенных активных и полных мощностей электроприемников, кВт и кВ·А; $\bar{P}_{ri}$ – средняя вероятность включения i-го электроприемника.

2.87. Суммарная средняя нагрузка будет меньше суммы средних нагрузок, а средняя вероятность включения меньше суммы вероятностей включения отдельных электроприемников, взвешенных по мощности

$$\bar{p}_{\Sigma} = \bar{S}_{\Sigma}/(\Sigma S_{yct}) = \Sigma S_i k_{ci}/(\Sigma S_{yct}) = \Sigma S_{yct} \cdot \bar{p}_{mi} k_{ci}/(\Sigma S_{yct}) = \bar{S}_{m}/S_{yct}, \qquad (2.43)$$

где k_{ci} – коэффициент спроса i-го электроприемника.

Измерив средний максимум групповой нагрузки, можно определить и условную вероятность включения группы электроприемников.

Применение корреляционного анализа при определении электрических нагрузок

2.88. Для выявления зависимости максимальных удельных электрических нагрузок от числа присоединенных электроприемников (на основе экспериментальных данных) рекомендуется применять корреляционный анализ, который позволяет найти связь между средней удельной максимальной нагрузкой, среднеквадратичным отклонением $\sigma_{\bar{p}_m}$ и числом присоединенных электроприемников.

2.89. Для определения электрических нагрузок целесообразно также применять многофакторный корреляционный анализ.

Применение корреляционного анализа для определения электронагрузок дает возможность учесть влияние на процесс формирования электрических нагрузок нескольких факторов и представить результат их действия в достаточно простой форме (уравнение множественной регрессии).

2.90. На основе большого числа измерений в течение относительно длительного времени можно получить корреляционную зависимость максимальной нагрузки от присоединенной мощности приборов различных типов.

2.91. Для определения многофакторных зависимостей электрических нагрузок необходимо использовать показатели, полученные на основе фактических измерений нагрузок, а также соответствующие технические показатели.

2.92. Зависимость среднего максимума нагрузки фазы от мощности присоединенных к ней электроприемников может быть представлена уравнением множественной регрессии

$$\bar{P}_{m} = \bar{p}_{m1} \cdot \bar{P}_1 + \bar{p}_{m2} \bar{P}_2 + \ldots \bar{p}_{mi} \bar{P}_i \quad , \qquad (2.44)$$

где P_i – мощности присоединенных к фазе приборов, кВт; $\bar{p}_{mi}$ – коэффициенты корреляции, которые являются средними коэффициентами спроса для данных видов приборов (средними условными вероятностями включения электроприемников во время максимума).

2.93. Коэффициенты корреляции и параметры линии регрессии получаются достоверными лишь с определенной степенью вероятности. Искажения в расчетах тем меньше, чем больше отношение числа наблюдений к числу факторов, включаемых в модель корреляционного анализа.

Получение исходной информации электрических нагрузок по эксплуатационным данным

2.94. В условиях эксплуатации нагрузки измеряют по щитовым приборам (амперметрам, ваттметрам, варметрам и др.), расчетным счетчиком электроэнергии и токоизмерительными клещами.

2.95. При измерениях нагрузок по расчетным счетчикам показания записывают через определенные равные интервалы.

2.96. Интервалы, через которые следует производить запись показаний, выбирают в зависимости от задач исследований.

2.97. Если требуется определить среднюю суточную нагрузку, то записи производят один раз в сутки каждый день в одни и те же часы; для определения средних сменных нагрузок – в начале и конце смены.

2.98. При исследовании нагрузки во времени и при обработке материала по вероятностно-статистическому методу показания счетчиков записывают через 30 мин.

2.99. Средние нагрузки определяют с помощью выражений:

$$\bar{P} = W/T \; ; \tag{2.45}$$

$$\bar{Q} = W_p/T \; ; \tag{2.46}$$

$$S = \sqrt{\bar{P}^2 + \bar{Q}^2} \; ; \tag{2.47}$$

$$I = \bar{S}/(\sqrt{3}\, V_н), \tag{2.48}$$

где W, W_p – потребление активной и реактивной электроэнергии отдельным приемником или группой приемников за рассматриваемый период T, кВт·ч; T – продолжительность периода, ч.

2.100. Фактические расчетные нагрузки определяют на основе средних значений, полученных по эксплуатационным данным, и рекомендаций раздела "Обработка результатов экспериментальных исследований электрических нагрузок" настоящей Методики.

2.101. Ожидаемое значение расчетного максимума фактической нагрузки можно определить также по данным годовых расходов активной энергии

$$P_м = W_{год}/T_м \; , \tag{2.49}$$

где $W_{год}$ – годовой расход электроэнергии, кВт·ч; $T_м$ – годовое число часов использования расчетного максимума нагрузки.

2.102. Значения $T_м$ определяют на основе ранее выполненных исследований по данному или аналогичному объекту.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ГОРОДСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Нагрузки жилых и общественных зданий

Определение фактических электрических нагрузок

3.1. При выборе объектов для исследования нагрузок жилых зданий учитывают однородность заселения (квартирное или покомнатное), а также особо выделяют жилые дома, используемые под общежития.

3.2. Все подлежащие обследованию объекты (жилые здания и общественные) разделяют на категории в зависимости от назначения и уровня электрификации:

квартиры (жилые здания) с газовыми плитами и централизованным теплоснабжением;

квартиры (жилые здания) с электрическими плитами и централизованным теплоснабжением;

квартиры (жилые здания) с электрическими плитами и электрическими водонагревателями и т.д.;

предприятия торговли, общественного питания, школы, лечебные учреждения, административные здания, гостиницы и т.д.;

общественные здания с пищеблоками и без пищеблоков;

общественные здания с кондиционированием воздуха и без кондиционирования;

общественные здания с естественным освещением и без естественного освещения и т.д.

3.3. На основе качественной оценки режимов работы отдельных объектов (группы приемников) и изучения уровней электрификации жилых и общественных зданий (группы зданий) в пределах отдельных категорий здания (группы зданий) дополнительно объединяют в более близкие по режиму работы и уровню электрификации группы:

жилые здания с электрическими плитами мощностью до 5 кВт;

жилые здания с электрическими плитами мощностью свыше 5 кВт;

жилые здания с газовыми плитами на природном газе;

жилые здания с газовыми плитами на сжиженном газе и т.д.;

односменные и двухсменные предприятия;

предприятия с различными системами кондиционирования и т.д.

3.4. Нагрузки измеряют на вводах в ТП, головных участках питающих линий, групповых щитах, вводах в здания, квартиры.

3.5. При исследованиях нагрузок жилых зданий на основе экспериментов с применением вероятностных методов заполняют таблицы-бланки (прил. 5).

3.6. В случае смешанной нагрузки (жилые дома со встроенными общественными зданиями, общественные здания со встроенными предприятиями общественного питания, совмещенное питание силовых и осветительных электроприемников и т.п.) точки измерений выбирают таким образом, чтобы измерить все составляющие нагрузок.

3.7. Для выборочного метода индивидуального обследования электрических нагрузок отдельных приемников все подлежащие обследованию приемники (если это возможно по условиям эксплуатации) разбивают на категории с различными режимами работы:

освещение;

электроплиты различной установленной мощности;

электроводонагреватели (с различным режимом работы);

кондиционеры;

приборы электроотопления;

вентиляторы;

насосы;

холодильное оборудование;

лифты и т.п.

3.8. Для определения электрических нагрузок на основе разовых измерений токоизмерительными клещами нагрузок трансформаторов в вечернее время зимних максимумов используют поправочные коэффициенты, представляющие собой отношение максимальной суточной получасовой нагрузки трансформаторов (в 19 ч 30 мин для районов с электроплитами; в 21 ч для районов с газовыми плитами) к текущей получасовой нагрузке в часы вечернего максимума (прил. 6).

3.9. Коэффициент перехода от расчетной нагрузки без учета асимметрии к расчетной нагрузке с учетом асимметрии для жилых зданий с газовыми и электрическими плитами следует принимать по прил. 6.

3.10. Наряду с измерениями нагрузок жилых зданий в квартирах определяют процент. насыщения бытовыми электроприборами и их среднюю установленную мощность, число жителей, жилую площадь и т.п.

3.11. В пределах каждой группы данной категории квартиры (домов при одноэтажной застройке) для детального (анкетного) обследования отбирают случайно ("вслепую"), т.е. независимо от насыщения приборами и их установленной мощности, размера жилой площади и т.п., чтобы совокупность отобранных из группы квартир (домов) наиболее вероятно представляла всю группу.

3.12. При обследовании жилых зданий и расчетов средних показателей заполняют таблицы прил. 7.

В графу "Прочие показатели" записывают сведения о режиме работы электроприемников, пользовании предприятиями общественного питания и прачечными, материальном уровне семьи и т.п.

3.13. При исследовании нагрузок общественных зданий одновременно с измерением электрических нагрузок визуально обследуют электрооборудование объекта для определения действительно работающего оборудования на период измерений. Составляют рабочую исполнительную схему электроснабжения объекта, которую сверяют с проектной схемой.

3.14. При обследовании необходимо:

выделить приводы явно выраженного резервного или параллельного и одновременно не работающего оборудования;

обследовать все основные питающие линии и распределительные магистрали; особый интерес представляют линии, от которых питаются приемники только одной категории или близкие по режиму работы.

3.15. Одной из задач обследования является классификация электроприемников по категориям в зависимости от режима их работы или назначения, например электроплиты, электросковороды,мармиты, жарочные шкафы, холодильное оборудование, вентиляторы и насосы, кондиционеры, грузовые подъемники и др.

3.16. Для подсчета установленной мощности, присоединенной к каждой магистрали, заполняют специальные анкеты во время визуального обследования установленных мощностей объекта (прил. 7).

3.17. Для лечебных учреждений, школ, гостиниц и ряда других объектов в технологических проектах обычно указывают наибольшую установленную мощность приборов и аппаратов (обычно переносных), которые могут быть подключены к штепсельным розеткам или силовым медицинским щитам. Однако такое подключение возможно одновременно лишь в одном-двух местах на этаже. Поэтому при обследовании выявляют фактически установленное электрооборудование, которое может быть подключено к штепсельным розеткам (электрические щиты), и определяют фактические коэффициенты использования их установленной проектной мощности. В расчет нагрузок вводят приведенную номинальную мощность $P'_{н}$, определяемую с учетом использования установленной (проектной) мощности штепсельных розеток и силовых элементов:

при расчетах нагрузок в элементах осветительных сетей

$$P'_{н.о} = K_{н.о} \; P_{н.шт.роз},$$

где $P_{н.шт.роз}$ – установленная мощность штепсельных розеток в осветительных сетях (по проекту), кВт; $K_{н.о}$ – коэффициент использования установленной (проектной) мощности штепсельных розеток при работе общего освещения;

при расчетах нагрузок и элементах силовых сетей

$$P'_{н.с} = K_{н.о} \; P_{н.шт.роз} + K_{н.о} \; P_{н.с.ш}, \qquad (3.2)$$

где $P_{н.шт.роз}$ и $P_{н.с.ш}$ – номинальные проектные установленные мощности силовых штепсельных розеток и электрощитов (по технологической части проекта); $K_{н.о}$ – коэффициент использования номинальной (проектной) установленной мощности силовых штепсельных розеток и электрощитов, равный отношению номинальной мощности фактически работающего электрооборудования к номинальной (запроектированной) мощности силовых штепсельных розеток и силовых электрощитов.

3.18. Для приближенной оценки фактических расчетных нагрузок жилых и общественных зданий можно использовать значения величины $T_{м}$, приведенные в прил. 8.

3.19. Применение корреляционного анализа позволяет найти линейную зависимость между средней удельной максимальной нагрузкой, среднеквадратичным отклонением $\sigma_{\bar{p}_м}$ и величиной, обратно пропорциональной корню квадратному из числа присоединенных электроприемников (квартир) n.

3.20. Эта зависимость выражается уравнениями:

для средней максимальной нагрузки

$$\bar{P}_м = a + b\frac{1}{\sqrt{n}} \quad ; \tag{3.3}$$

для среднеквадратичного отклонения

$$\sigma_{\bar{p}_м} = a' + b'\frac{1}{\sqrt{n}} , \tag{3.4}$$

где a, a' – постоянные составляющие, не зависящие в определенных пределах от величины, обратно пропорциональной корню квадратному из числа присоединенных электроприемников (квартир); b, b' – коэффициенты, показывающие, на сколько увеличиваются средняя удельная максимальная нагрузка и среднеквадратичное отклонение при изменении $\frac{1}{\sqrt{n}}$.

3.21. Неизвестные параметры a, a' и b, b' определяют из системы уравнений по способу наименьших квадратов.

3.22. Неизвестные параметры a и b уравнения (3.3) определяют из системы уравнений:

$$\begin{cases} \Sigma \bar{P}_м = ka + b\Sigma \frac{1}{\sqrt{n}} \quad ; \\ \Sigma \bar{P}_м \frac{1}{\sqrt{n}} = a\Sigma \frac{1}{\sqrt{n}} + b\Sigma \left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)^2 . \end{cases} \tag{3.5}$$

Параметры a' и b' уравнения (3.4) определяют из системы уравнений:

$$\begin{cases} \Sigma \sigma_{\bar{p}_м} = k'a' + b'\Sigma \frac{1}{\sqrt{n}} \quad ; \\ \Sigma \sigma_{\bar{p}_м} \frac{1}{\sqrt{n}} = a'\Sigma \frac{1}{\sqrt{n}} + b'\Sigma \left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)^2 , \end{cases} \tag{3.6}$$

где k, k' – число точек измерений.

Определение расчетных электрических нагрузок жилых зданий

3.23. При определении расчетных электрических нагрузок жилых зданий руководствуются рекомендациями, изложенными в "Указаниях по проектированию электрооборудования жилых зданий" (СН 297-64) и в "Указаниях по проектированию городских электрических сетей" (ВСН 97-75) [1, 2].

3.24. Рекомендации по определению расчетных электрических нагрузок (СН 297-64 и ВСН 97-75) распространяются на многоэтажные и одноэтажные жилые здания, оборудованные плитами на природном, сжиженном газе и твердом топливе, а также электрическими плитами до 8 кВт.

Рекомендации не распространяются на здания, оборудованные кондиционерами, электроводонагревателями и электроотоплением.

3.25. Расчетные нагрузки групповой осветительной сети общедомовых помещений жилых зданий (лестничных клеток, подвалов, чердаков, котельных, красных уголков и т.п.) следует определять в соответствии с СН 297-64 по светотехническому расчету и коэффициентом спроса, равным единице.

3.26. Расчетную активную нагрузку квартир $P_{кв}$, кВт, приведенную к вводу жилого дома, распределительной линии или шинам ТП, в соответствии с ВСН 97-75 определяют по формуле

$$P_{кв} = P_{кв.уд}\, n , \tag{3.7}$$

где $P_{кв.уд}$ – удельная нагрузка квартиры, определяемая по ВСН 97-75 в зависимости от этажности застройки, типа применяемых кухонных плит и числа квартир, присоединенных к вводу жилого дома (линии, ТП и др.), кВт; n – число квартир, присоединенных к элементу сети (вводу, линии ТП и др.).

3.27. Расчетная активная нагрузка жилого дома (квартир и силовых электроприемников)

$$P_{ж.д} = P_{кв} + 0{,}9\,P_{с} \quad , \tag{3.8}$$

где $P_{с}$ – расчетная нагрузка силовых электроприемников жилого дома, кВт.

3.28. Расчетные нагрузки силовых электроприемников определяют следующим образом:

лифтовых установок – по формуле

$$P_{м} = K_{с.л} \sum_{i}^{n_л} \left(P_{ni} \sqrt{ПВ_{пасп}} + P_{gi} \right), \tag{3.9}$$

где $n_л$ – число лифтовых установок, питаемых линией; P_{ni} – установленная мощность электродвигателя лифтовой установки, кВт; $ПВ_{пасп}$ – продолжительность включения электродвигателя (принимается по паспорту); P_{gi} – электрическая нагрузка от электромагнитного тормоза, аппарата управления и освещения лифтовой установки, кВт; $K_{с.л}$ – коэффициент спроса для жилых домов с различным числом лифтовых установок (определяется по ВСН 97-75);

электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других сантехнических устройств – по их установленной мощности с учетом коэффициента спроса, равного 0,7.

3.29. Мощность резервных электродвигателей при определении расчетной нагрузки не учитывается, за исключением тех случаев, когда от них зависит выбор защитных аппаратов и сечений линий.

3.30. Расчетные коэффициенты мощности в сетях жилых зданий принимают по ВСН 97-75.

3.31. Нагрузку нескольких жилых домов с одинаковыми кухонными плитами принимают в зависимости от общего числа квартир в этих домах.

Определение расчетных электрических нагрузок общественных зданий

3.32. При определении расчетных электрических нагрузок общественных зданий руководствуются рекомендациями, изложенными в "Инструкции по проектированию электрооборудования общественных зданий массового строительства" (ВСН 19-74) и в соответствующих отраслевых нормативных документах (РМ-565) [3,4].

3.33. Рекомендации по определению расчетных электрических нагрузок общественных зданий, приведенные в ВСН 19-74, распространяются только на объекты массового строительства:

управления, партийные, профсоюзные, комсомольские и другие общественные организации;

общеобразовательные школы, профессионально-технические училища, средние специальные учебные заведения и учреждения по воспитанию детей;

торговли и общественного питания;

бытового обслуживания населения;

коммунального хозяйства;

лечебно-профилактические учреждения;

гостиницы.

Рекомендации не распространяются на здания и учреждения, не перечисленные выше (зрелищные предприятия, спортивные сооружения и т.п.).

А. Предприятия общественного питания, торговли, школы

3.34. Коэффициенты спроса для расчета групповой сети рабочего и аварийного освещения зданий, а также освещения витрин и рекламы принимают равными 1.

3.35. Коэффициенты спроса для расчета нагрузок рабочего освещения в питающей сети и на вводах общественных зданий принимают по ВСН 19-74.

3.36. Коэффициенты спроса для расчета электрических нагрузок на вводах и в питающих линиях силовых электрических сетей предприятий общественного питания принимают по ВСН 19-74 в зависимости от эффективного числа электроприемников и удельного веса установленной мощности теплового неавтоматизированного технологического оборудования в общей установленной мощности всего силового технологического и санитарно-технического электрооборудования.

Эффективное число электроприемников $n_э$ рассчитывают по формулам (1.44) и (1.45).

Расчетную нагрузку линии, к которой подключен один электроприемник, следует принимать с коэффициентом спроса, равным 1, а для электроплиты – 1,2, учитывающим неравномерную нагрузку по фазам.

3.37. Коэффициенты спроса для расчета нагрузок на вводах и в питающих линиях силовых электрических сетей продовольственных и промтоварных магазинов принимают по ВСН 19-74 в зависимости от числа присоединенных электроприемников и удельного веса установленной мощности холодильного и подъемного оборудования в общей установленной мощности силового электрооборудования, подключенного к данному элементу сети.

3.38. Коэффициенты спроса для расчета нагрузок на силовых вводах общеобразовательных школ с электрифицированным пищеблоком принимают 0,6, а с газифицированным пищеблоком и без него – 0,5.

3.39. Коэффициенты спроса для расчета питающих линий к вентиляторам, насосам и кондиционерам воздуха в общественных зданиях всех назначений принимают при трех и менее присоединенных электроприемников равными 1, а при четырех и более – 0,8.

3.40. Коэффициенты спроса для расчета питающих линий лифтовых установок следует принимать по ВСН 19-74.

3.41. Электрическую нагрузку питающих линий лифтовых установок рассчитывают по формуле

$$P_{м.л} = K_{с.л} \sum_{1}^{n} \left(P_{ni} \sqrt{ПВ_{ni}} + P_{gi} \right), \qquad (3.10)$$

где $K_{с.л}$ – коэффициент спроса, определяемый в зависимости от числа лифтовых установок питаемых линий; n – число лифтовых установок питаемых линий; P_{ni} – установленная мощность электродвигателя лифтовой установки по паспорту, кВт; P_{gi} – электрическая нагрузка от электромагнитного тормоза, аппаратов управления и освещения лифтовой установки, кВт.

3.42. Расчетные коэффициенты мощности в силовых и осветительных сетях общественных зданий принимают по ВСН 19-74.

3.43. Расчетную активную нагрузку при совместном питании силовых и осветительных электроприемников общими питающими линиями в рабочем и аварийном режимах определяют по формуле

$$P_м = K(P_{м.о} + P_{м.с}), \qquad (3.11)$$

где $P_{н.о}$ – расчетная активная нагрузка осветительных электроприемников, кВт; $P_{н.с}$ – расчетная активная нагрузка силовых электроприемников, кВт; K – коэффициент, учитывающий несовпадение расчетных максимумов силовой и осветительной нагрузок; принимается по ВСН 19-74.

3.44. Ориентировочные расчеты электрических нагрузок общественных зданий допускается выполнять по укрупненным удельным расчетным электрическим нагрузкам в соответствии с ВСН 19-74.

Б. Поликлиники, больницы, аптеки

3.45. Расчетную активную нагрузку в групповых и питающих линиях общего освещения, а также на вводах в здания определяют по формуле

$$P_{м} = K_{с.о} P_{н.о}, \qquad (3.12)$$

где $K_{с.о}$ – расчетный коэффициент спроса, определяемый по РМ-565; $P_{н.о}$ – номинальная установленная мощность электроприемников, кВт.

3.46. При совместном питании общими линиями (вводами) светильников общего освещения и штепсельных розеток нагрузки рассчитывают по формуле

$$P_{м} = K_{с.о} P'_{н.о}, \qquad (3.13)$$

где $K_{с.о}$ – расчетный коэффициент спроса, определяемый по ВСН 19-74; $P'_{н.о}$ – приведенная установленная мощность электроприемников, определяемая с учетом использования установленной проектной мощности штепсельных розеток по формуле

$$P'_{н.о} = P_{н.общ.осв} + 0{,}1 P_{н\,шт.роз}, \qquad (3.14)$$

где $P_{н.общ.осв}$ и $P_{н.шт.роз}$ – номинальные установленные проектные мощности электроустановок общего освещения и штепсельных розеток, кВт.

3.47. Расчетные электрические нагрузки вводов и питающих линий к медицинскому оборудованию поликлиник, больниц и аптек определяют по формуле

$$P_{м} = K_{с.с} P'_{н.с}, \qquad (3.15)$$

где $K_{с.с}$ – коэффициент спроса, в зависимости от эффективного числа электроприемников принимается по РМ-565; $P'_{н.с}$ – приведенная установленная мощность электрооборудования, определяемая с учетом режимов работы электрооборудования и использования установленной мощности силовых штепсельных розеток и медицинских электрощитов по формуле

$$P'_{н.с} = 0{,}1 P_{н.р.а} + 0{,}3 (P_{н.шт.роз} + P_{н.с.ш}) + P_{н.пр}, \qquad (3.16)$$

где $P_{н.р.а}$ – номинальная паспортная установленная мощность рентгеновских аппаратов, кВт; $P_{н.шт.роз}$ и $P_{н.с.ш}$ – номинальная проектная установленная мощность силовых штепсельных розеток и медицинских электрощитов (по технологической части проекта); $P_{н.пр}$ – номинальная установленная мощность прочего медицинского силового электрооборудования (автоклавы, дистилляторы и другие медицинские аппараты) за вычетом резервного электрооборудования, кВт.

3.48. Расчетные электрические нагрузки линий и вводов к отдельным группам электроприемников определяют по формуле

$$P_{м} = K_{с.о} P_{н.с}, \qquad (3.17)$$

где $K_{с.с}$ – коэффициент спроса, принимаемый по РМ-565; $P_{н.с}$ – номинальная установленная мощность электрооборудования, кВт.

3.49. Электрическую нагрузку питающих линий и вводов лифтовых установок рассчитывают по формуле

$$P_{м.л} = K_{с.л} \sum_{1}^{n_л} (P_{пi} \sqrt{ПВ} + P_{gi}) \approx K_{с.л} \sum_{1}^{n} P_{пi} , \qquad (3.18)$$

где $K_{с.л}$ – коэффициент спроса, принимаемый по РМ-565; $n_л$ – число лифтовых установок питаемых линий; $P_{пi}$ – установленная мощность электродвигателя i-той лифтовой установки по паспорту, кВт; $ПВ$ – продолжительность включения электродвигателя в относительных единицах (принимается по паспорту); P_{gi} – электрическая нагрузка от электромагнитного тормоза, аппаратов управления и освещения, i-той лифтовой установки, кВт.

3.50. Расчетные электрические нагрузки вводов и линий питающих силовое электрооборудование различного назначения (медицинское, сантехническое, лифты, пищеблоки и др.) определяют по формуле

$$P_м = 0{,}9 \sum_{1}^{n} K_{с\,i} \, P'_{н\,i} , \qquad (3.19)$$

где $K_{сi}$ и $P_{н\,i}$ – коэффициент спроса и приведенные установленные мощности, определяемые в соответствии с п. 3.46.

3.51. Нагрузки от однофазных электроприемников определяют при равномерном распределении по фазам или, если на распределенную установленную мощность (приведенную) приходится менее 30% общей приведенной установленной мощности всех электроприемников, подключенных к линии, как от трехфазных электроприемников. Если нераспределенная установленная мощность (приведенная) превышает 30% общей приведенной мощности всех электроприемников, подключенных к линии, за расчетную принимают утроенную нагрузку наиболее загруженной фазы.

3.52. Расчетные коэффициенты мощности в силовых и осветительных сетях принимают по [4].

3.53. Общую расчетную нагрузку $P_м$ нескольких силовых вводов (например, при определении расчетной нагрузки на шинах ТП) определяют по формуле

$$P_м = K \sum_{1}^{n} P_{н\,i} , \qquad (3.20)$$

где K – коэффициент, учитывающий несовпадение расчетных максимумов отдельных вводов; принимается по РМ-565; $P_{н\,i}$ – расчетные нагрузки отдельных вводов, кВт.

3.54. Нагрузку при совместном питании силовых и осветительных электроприемников общими питающими линиями рассчитывают по формуле

$$P_м = K_{\Sigma} (P_{м.о} + P_{м.с}) , \qquad (3.21)$$

где K_{Σ} – коэффициент, учитывающий несовпадение расчетных максимумов силовой и осветительной нагрузок; принимается по РМ-565; $P_{м.о}$ – расчетная нагрузка осветительных электроприемников, кВт; $P_{м.с}$ – расчетная нагрузка силовых электроприемников, кВт.

3.55. Для определения расчетной нагрузки питающей линии (трансформаторной подстанции) в аварийном режиме к величине суммарной расчетной нагрузки вводят дополнительный снижающий коэффициент 0,9, учитывающий малую вероятность совпадения момента аварии со всеми расчетными максимумами присоединенных элементов сетей.

3.56. Расчетную нагрузку $P_м$ при совместном питании одной питающей линией (трансформаторной подстанции) жилых домов, аптек и поликлиник, а также общественных зданий, аптек и поликлиник определяют с учетом коэффициентов несовпадения расчетных максимумов по формулам,

$$P_м = P_{м.ж.д} + K_м P_{м.леч} ; \quad (3.22)$$

$$P_м = P_{м.общ.зд} + K_м P_{м.леч} , \quad (3.23)$$

где $P_{м.ж.д}$ – расчетные нагрузки жилых домов и общественных зданий (жилой застройки); определяют в соответствии с СН 297-64, ВСН 19-74, ВСН 97-75; $P_{м.леч}$ – расчетные нагрузки аптек или поликлиник; $K_м$ – коэффициент участия в максимуме, учитывающий несовпадение максимумов электрических нагрузок аптек или поликлиник с максимумом нагрузки жилых и общественных зданий; принимают по [4].

3.57. При ориентировочных расчетах электрических нагрузок поликлиник и больниц допускается использовать укрупненные удельные расчетные электрические нагрузки и усредненные коэффициенты спроса в соответствии с [4].

В. Гостиницы и административные здания

3.38. Активные нагрузки в групповых и питающих линиях, а также на вводах освещения рассчитывают по формуле

$$P_м = K_{с.о} P_{н.о} , \quad (3.24)$$

где $K_{с.о}$ – коэффициент спроса (прил. 9); $P_{н.о.}$ – номинальная установленная мощность осветительных установок, кВт.

3.59. При совместном питании общими линиями (вводами) светильников общего освещения и штепсельных розеток местного освещения нагрузки рассчитывают по формуле

$$P_м = K_{с.о} P'_{н.о} , \quad (3.25)$$

где $K_{с.о}$ – расчетные коэффициенты спроса (см. прил. 9); $P'_{н.о}$ – приведенная номинальная установленная мощность электроприемников, полученная с учетом коэффициента одновременности работы светильников местного освещения, по формуле

$$P'_{н.о.} = P_{н.общ.осв} + 0{,}2 P_{н.шт.роз} , \quad (3.26)$$

где $P_{н.общ.осв}$ и $P_{н.шт.роз}$ – номинальные установленные проектные мощности электроустановок общего освещения и штепсельных розеток, кВт.

3.60. Активные нагрузки в групповых и питающих линиях, а также на силовых вводах рассчитывают по формуле

$$P_м = K_{с.с} P_{н.с} , \quad (3.27)$$

где $K_{с.с}$ – коэффициенты спроса (см. прил. 9); $P_{н.с}$ – номинальная установленная мощность рабочего электрооборудования, кВт.*

3.61. Общую расчетную нагрузку нескольких силовых вводов (например, на шинах ТП или для аварийного режима) находят по формуле

---

*Мощность резервных электродвигателей при расчетах электрических нагрузок не учитывается, за исключением тех случаев, когда она определяет выбор защитных аппаратов и сечений питающих линий.

$$P_н = K_{одн} \sum P_{нi}, \qquad (3.28)$$

где $P_{нi}$ – расчетная нагрузка отдельных вводов; $K_{одн}$ – коэффициент *одновременности (см. прил. 9)*.

3.62. Электрические нагрузки при совместном питании силовых и осветительных электроприемников общими линиями рассчитывают по формуле

$$P_н = K_Σ (P_{н.о} + P_{н.с}), \qquad (3.29)$$

где $K_Σ$ – коэффициент несовпадения расчетных максимумов силовых и осветительных нагрузок (см. прил. 9); $P_{н.о}$, $P_{н.с}$ – расчетные максимальные нагрузки от осветительного и силового электрооборудования, кВт.

3.63. Для определения расчетных нагрузок питающих линий (трансформаторных подстанций) в аварийном режиме вводят снижающий коэффициент 0,9, учитывающий малую вероятность одновременной аварии со всеми расчетными максимума взаиморезервируемых элементов.

3.64. Ориентировочные расчеты электрических нагрузок допускается выполнять по укрупненным расчетным электрическим нагрузкам (см. прил. 9).

Нагрузки наружного освещения

3.65. Настоящая методика определения электрических нагрузок сетей наружного освещения распространяется на установки электрического освещения улиц, дорог, проездов, площадей, пешеходных переходов, городских транспортных пересечений и туннелей, пешеходных туннелей, территорий микрорайонов, детских яслей и садов, общеобразовательных школ, школ-интернатов, больниц, госпиталей, санаториев, пансионатов, домов отдыха, парков, садов, стадионов, выставок.

3.66. Расчеты основных параметров наружных осветительных установок и электрических нагрузок сетей наружного освещения выполняют в соответствии с "Инструкцией по проектированию наружного освещения городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов" (ВСН 22-75) [5].

3.67. Коэффициент спроса при расчете сетей наружного освещения принимают равным 1.

3.68. Электрическую нагрузку сетей наружного освещения принимают равной электрической мощности наружной осветительной установки, определяемой на основании светотехнических расчетов.

3.69. Светотехнические расчеты наружных осветительных установок выполняют по методике, изложенной в ВСН 22-75, и по действующим нормам главы СНиП "Естественное и искусственное освещение" с учетом коэффициента запаса, равного 1,3 для светильников с лампами накаливания и 1,5 для светильников с газоразрядными лампами и прожекторов с любыми источниками света.

3.70. Нормы освещения принимают одинаковыми при любых источниках света, используемых в наружных осветительных установках.

3.71. При определении нагрузок в электрических сетях с газоразрядными лампами учитывают потери мощности в пускорегулирующих аппаратах, установленных в осветительных приборах.

3.72. Мощность светильников с лампами накаливания принимают равной номинальной мощности ламп, установленных в них.

3.73. Мощность светильника с газоразрядной (газоразрядными) лампой (лампами) принимают равной номинальной мощности лампы (ламп), установленной в нем, плюс потери мощности в пускорегулирующем аппарате (ПРА).

Рекомендуемые для применения в расчетах значения потерь мощности в ПРА для ряда серийно выпускаемых газоразрядных источников света принимаются по [6].

3.74. Удельную мощность установки наружного освещения P_0, отнесенную к 1 м^2 площади освещаемой поверхности проезжей части, рекомендуется определять по формуле

$$P_0 = (P_л + \Delta P_{пра})\, m M / (l\, b), \qquad (3.30)$$

где $P_л$ – номинальная мощность лампы, Вт; $\Delta P_{пра}$ – потери мощности в ПРА (только для газоразрядных ламп), Вт; m – число светильников фонаря, относящихся к одному ряду; M – число рядов светильников; l – шаг фонарей отдельных светильников, м; b – ширина проезжей части улицы, проезда, тротуара, аллеи и т.п., м.

Удельную мощность установки определяют для всех участков улиц, отличающихся схемой размещения светильников, их мощностью и т.д.

3.75. Мощность наружной осветительной установки $P_{уст}$ рекомендуется вычислять по формуле

$$P_{уст} = P_0\, S \cdot 10^{-3}, \qquad (3.31)$$

где S – площадь освещаемой проезжей части улицы, проезда, тротуара, аллей и т.д., м^2.

3.76. Общая мощность наружного освещения

$$P_{общ} = \sum_{1}^{n} P_{уст}, \qquad (3.32)$$

где n – число установок.

3.77. При расчетах рекомендуется использовать типовые решения наружного освещения улиц, дорог, проездов, территорий микрорайонов и др. [6, 7], в которых приведены варианты освещения объектов различного назначения с указанием удельной установленной мощности на 1 м^2 освещаемой полосы и на 1 км длины установки.

3.78. При анализе режима работы наружных осветительных установок руководствуются графиком их включения и отключения, составленным на основании изменения естественной освещенности; включение – при снижении естественной освещенности до 20 лк, отключение – при повышении ее до 10 лк.

3.79. Рекомендуется использовать методические указания по составлению графиков работы наружных осветительных установок [8].

3.80. Число часов работы наружных осветительных установок зависит от времени года и географической широты населенного места.

Число часов работы наружных осветительных установок, расположенных на 40, 45, 50, 55, 60, 65 и 70° с.ш. по отдельным месяцам и за год в целом, а также число часов работы установок от 0 до 6 ч утра, на которые обычно приходится отключение части светильников в ночные часы спада интенсивности движения, принимают в соответствии с [8].

3.81. Общий расход электроэнергии за год на наружное освещение без частичного отключения светильников определяют по формуле

$$W_{н.о} = P_{общ}\, T_{год}, \qquad (3.33)$$

с частичным отключением светильников – по формуле

$$W_{но} = P_{общ}\, T_{год} - P_{откл}\, T_{откл}, \qquad (3.34)$$

где $P_{общ}$ – общая установленная мощность, кВт; $T_{год}$ – число часов работы наружного освещения в год; $P_{откл}$ – мощность светильников, отключаемых в ночные часы, кВт; $T_{откл}$ – время отключения светильников за год, ч;

$$P_{общ} = \sum_{1}^{N} (P_л + \Delta P_{пра}) 10^{-3}, \quad (3.35)$$

где N – общее число светильников; $P_л$, $P_{пра}$ – мощность лампы и потерь в ПРА, Вт;

$$P_{откл} = \sum_{1}^{Q} (P_л + \Delta P_{пра}) 10^{-3}, \quad (3.36)$$

где Q – общее число отключенных светильников.

Нагрузки городского электротранспорта

3.82. Основные параметры для определения электрических нагрузок городского электротранспорта рассчитывают в соответствии с Нормами и техническими условиями [9].

3.83. При исследовании электрических нагрузок городского электротранспорта определяют нагрузки подвижного состава трамвая и троллейбуса, линий постоянного тока, питающих подвижной состав, тяговых подстанций в целом.

3.84. Определение нагрузок (средних токов) единиц подвижного состава проводят на характерных для данного города маршрутах.

3.85. Средние и максимальные нагрузки линий постоянного тока на тяговых подстанциях определяют в первую очередь в тех местах, где токи максимальной нагрузки близки или превышают минимальные токи короткого замыкания.

3.86. Нагрузки тяговых подстанций определяют для всех подстанций на основании суточных графиков.

3.87. Нагрузки на подвижном составе и линиях постоянного тока измеряют в часы максимального движения.

3.88. Нагрузки тяговых подстанций исследуют на основании данных суточных графиков с выделением нагрузок в часы максимального движения.

3.89. Средние и максимальные значения токов подвижного состава и линий постоянного тока измеряют самопишущими приборами постоянного тока, например многопредельным самопишущим ампервольтметром Н390 (см. 2.24). При использовании этого прибора на подвижном составе необходимо дополнительно иметь преобразователь П39. Скорость движения ленты не менее 1800 мм/ч.

3.90. Средние токи, потребляемые подвижным составом или линиями постоянного тока, получают с помощью счетчиков ампер-часов постоянного тока.

3.91. Максимальные пиковые значения токов нагрузки подвижного состава и питающих линий фиксируют только быстродействующие регистраторы – осциллографы и магнитографы.

Максимальные пиковые значения определяют лишь в процессе научно-исследовательских работ.

3.92. Измерения электрических нагрузок тяговых подстанций, расшифровку регистрограмм, обработку экспериментальных данных выполняют в соответствии с "Методическими положениями по определению электрических нагрузок" настоящей Методики.

3.93. Средние нагрузки подвижного состава определяют на основании среднестатистических эксплуатационных данных по расходу электроэнергии.

3.94. Расчетный средний ток, потребляемый подвижным составом трамвая и троллейбуса, определяют по формуле

$$I_{i\,ср} = W_i G_{бр\,i} V_{э i} / (U_d l), \quad (3.37)$$

где W_i – удельный фактический расход электроэнергии на движение, Вт·ч/(т·км), i-го типа подвижного состава; $G_{бр\,i}$ – средняя масса брутто

подвижного состава i-го типа; U_d – среднее напряжение на шинах подстанции, В; $V_{эi}$ – средняя эксплуатационная скорость i-го типа подвижного состава, км/ч; η – КПД тяговой подстанции и линии напряжением 10 (6) кВ.

3.95. Исходные данные для расчета среднего тока подвижного состава могут быть получены в инструкциях, изложенных в [10, 11].

3.96. Метод определения электрических нагрузок городского электротранспорта для различных элементов сети зависит от принятой системы питания.

3.97. При централизованной системе электроснабжения расчетным является нормальный режим питания контактной сети, соответствующий одновременной работе всех тяговых подстанций.

3.98. При децентрализованной системе электроснабжения расчетным является вынужденный режим питания контактной сети, соответствующей выходу из строя любого числа не расположенных рядом тяговых подстанций.

3.99. При системе централизованного питания участки тяговой контактной сети питаются односторонне, за исключением отрицательных контактных проводов троллейбусной сети, которые часто присоединены к параллельно работающим отрицательным кабелям постоянного тока.

3.100. Средняя нагрузка проводов контактной сети (у питающего пункта)

$$I_к = I n_0, \tag{3.38}$$

где n_0 – среднее число поездов на участке одностороннего питания.

3.101. Эффективная нагрузка проводов контактной сети (у питающего пункта)

$$I_{к.э} = I n_0 \sqrt{1+\beta/n_0} \quad . \tag{3.39}$$

3.102. Эквивалентная (по потерям мощности в проводах) нагрузка проводов контактной сети

$$I_{к.экв} = I n_0/\sqrt{3} \sqrt{1+(3\beta+1)/2n_0} \quad . \tag{3.40}$$

3.103. Средняя нагрузка линии $I_{л.э}$ равна (при питании участков сети в обе стороны от питающего пункта) сумме нагрузок проводов справа $I_{к.п}$ и слева $I_{к.л}$ от пункта питания:

$$I_л = I_{к.п} + I_{к.л} \quad . \tag{3.41}$$

3.104. Эффективная нагрузка линии $I_{л.э}$ (при питании в обе стороны) может быть вычислена по формуле

$$I_{л.э} = (I^2_{к.э.п} + I^2_{к.э.л} + 2 I_{к.п} I_{к.л})^{1/2}, \tag{3.42}$$

где $I_{к.э.п}$ – эффективный ток в проводах контактной сети, соответственно справа и слева от пункта питания.

3.105. Средняя нагрузка подстанции

$$I_п = \sum_{i=1}^{N} I_{лi} \quad . \tag{3.43}$$

3.106. Эффективная нагрузка

$$I_{п.э} = \left(\sum_{i=1}^{N} I^2_{л.э\,i} - \sum_{i=1}^{N} I^2_{лi} + I^2_п\right)^{1/2}. \tag{3.44}$$

3.107. В системе децентрализованного питания все участки контактной сети линейной конфигурации (за исключением концевых) питаются двусторонне от параллельно работающих соседних подстанций.

3.108. Средняя нагрузка проводов $I_к$ (у питающих пунктов)

$$I_к = I\, n_э / 2 \ , \tag{3.45}$$

где $n_э$ – среднее число поездов на участке двустороннего питания.

3.109. Эффективная нагрузка проводов $I_{к.э}$ (у питающих пунктов)

$$I_{к.э} = I n_э \sqrt{1 + (4\beta + 1)/3n_э} / 2 \ . \tag{3.46}$$

3.110. Эквивалентная нагрузка проводов

$$I_{к.эк} = I n_э / 2\sqrt{3}\ \sqrt{1 + (2\beta + 1)/n_э} \ . \tag{3.47}$$

3.111. Средняя нагрузка линии

$$I_л = I_к \ . \tag{3.48}$$

3.112. Эффективная нагрузка линии

$$I_{л.э} = I_{к.э} \ . \tag{3.49}$$

3.113. Средняя нагрузка любой подстанции

$$I_п = I_{л1} + I_{л2} \ , \tag{3.50}$$

где $I_{л1}$ и $I_{л2}$ – средние токи в двух линиях любой подстанции децентрализованного электроснабжения.

3.114. Эффективная нагрузка подстанции

$$I_{п.э} = (I^2_{л.э1} + I^2_{л.э2} + 2 I_{л1} I_{л2})^{1/2} \ , \tag{3.51}$$

где $I_{л.э1}$ и $I_{л.э2}$ – эффективные токи двух линий любой подстанции.

3.115. Максимальные нагрузки участков контактных сетей и тяговых подстанций определяются по методике [10].

3.116. Формулы (3.45) – (3.51) применяют при расчете также отрицательных проводов троллейбусной сети для участков, питаемых с двух сторон.

Нагрузки систем теплоснабжения

3.117. Данная Методика разработана в объеме, необходимом для определения приближенных значений электрических нагрузок, и предназначена для использования проектными организациями при разработке схем развития городских электрических сетей.

3.118. Область применения Методики охватывает системы теплоснабжения, в которых источниками тепла являются отопительные или отопительно-производственные котельные.

3.119. С целью упрощения инженерных расчетов по разработке схем развития городских электрических сетей Методикой рекомендуется учитывать расчетные электрические нагрузки только котельных, так как прочие потребители электроэнергии в системах теплоснабжения характеризуются более низкими электрическими нагрузками, практически не влияющими на решения по развитию электрических сетей на указанной выше стадии их разработки.

3.120. Для определения расчетных электрических нагрузок котельных необходимы следующие исходные данные [12,13]:

материалы утвержденного генерального плана или схемы теплоснабжения города (или другой заменяющей их предпроектной документации) по расчету тепловых нагрузок обслуживаемых котельной потребитслей, рекомендуемой системы теплоснабжения (закрытая или открытая) и вида теплоносителя, намечаемого для котельной вида топлива;

утвержденные нормативные удельные расчетные электрические нагрузки котельных.

3.121. В связи с отсутствием в настоящее время нормативных удельных расчетных электрических нагрузок котельных в настоящей работе определены и приведены предварительные усредненные значения этого показателя для некоторых типов котельных (см. прил. 11).

3.122. Расчетную электрическую нагрузку котельной определяют по формуле

$$P_{кот} = P_{кот.уд}\,(Q_{ж.к.с} + Q_{пр.п}), \qquad (3.52)$$

где $P_{кот.уд}$ – удельная расчетная электрическая нагрузка котельной, кВт/(Гкал/ч); $Q_{ж.к.с}$ – расчетная тепловая нагрузка обслуживаемого котельной жилищно-коммунального сектора, Гкал/ч; $Q_{пр.п}$ – то же, промышленных предприятий, Гкал/ч.

Нагрузки систем городского водоснабжения и водоотведения

3.123. Настоящая Методика определения электрических нагрузок распространяется на все сооружения систем водоснабжения (водопровода) и водоотведения (канализации).

3.124. В Методике приведено определение электрических нагрузок при конкретном проектировании и метод установления электрических нагрузок для систем городского водоснабжения и водоотведения в укрупненном виде на стадии составления технико-экономических обоснований для создания этих систем.

3.125. Основными потребителями электроэнергии в системах городского водоснабжения и водоотведения являются водоочистные и водоподъемные сооружения.

3.126. На станциях очистки питьевых вод электроэнергия расходуется на привод насосов промывной воды, перемешивание и транспортировку реагентов, привод насосов перекачивающих осадки из отстойников, освещение территории станции и т.д. В отдельных случаях электроэнергия расходуется на обеззараживание воды при использовании электролизеров и озонаторных установок.

3.127. На станциях по очистке сточных вод электроэнергия расходуется на привод воздуходувок, подающих воздух в аэрируемые сооружения (аэротенки, биофильтры и пр.), на перекачку осадков сточных вод (в том числе на иловые площадки), на привод механизмов, обеспечивающих сгущение осадков и илов в отстойниках, на привод механизмов решеток и установок по обезвоживанию осадков (вакуум-фильтры, сепараторы, сушилки и пр.), на освещение территории станции и т.д.

3.128. Для подъема и транспортирования воды электроэнергия расходуется на привод насосных установок: в станциях I подъема (в том числе артезианских насосов), в станциях II и последующих подъемов, в станциях подкачки при центральных тепловых пунктах и отдельных зданиях, в станциях по перекачке сточных вод.

3.129. Наиболее часто используются следующие источники электроснабжения.:

для головных сооружений водопровода – насосных станций первого подъема (из поверхностных и подземных водоисточников), водоочист-

ных сооружений и расположенных при них насосных станций II подъема – общее питание от двух независимых источников с напряжением 110–10 кВ; насосные станции I и II подъемов, удаленные от очистных станций, могут иметь самостоятельное электропитание;

для насосных станций III подъема – два ввода от городской распределительной сети с напряжением 6–10 кВ;

для насосных станций подкачки – от низковольтных внутриквартальных сетей;

для насосных станций по перекачке сточных вод – от низковольтной сети и от сети с напряжением 6–10 кВ.

3.130. Электрические нагрузки в системах водоснабжения и водоотведения в наибольшей степени зависят от расходов воды в этих системах. В период максимального водопотребления изменение нагрузки можно считать стационарным.

3.131. Расчетные расходы воды определяют в соответствии с требованиями "Строительных норм и правил":

в системах городского водоснабжения по СНиП II-31-74 [14];

в системах водоотведения по СНиП II-32-75 [15];

во внутренних системах инженерного оборудования зданий (в частности, для насосных станций подкачки) по СНиП II-30-76 [16].

3.132. Общие расходы (с учетом полива, нужд промышленных предприятий и пр.) определяют на основании графиков водопотребления, которые из-за большого разнообразия не регламентируются и принимаются проектными организациями на основе опыта проектирования и эксплуатации аналогичных объектов.

3.133. Мощность, потребляемую центробежными насосами, определяют по формуле

$$N = \rho Q H / (102\,\eta), \qquad (3.53)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м³ (для воды $\rho = 1000$); Q – расход воды, м³/с; H – напор, развиваемый насосом, м; η – КПД насоса.

3.134. Расход подаваемой воды Q и напор H для каждой насосной станции определяют в процессе гидравлического расчета.

3.135. Насосное оборудование и его электропривод выбирают на основе расчетов системы для максимального водопотребления и транзита воды в регулирующие емкости.

Учет других режимов работы системы (на первую очередь строительства, средние и минимальные периоды водопотребления) влияет на выбор числа и типоразмеров насосных агрегатов, а также на использование электропривода с регулируемой частотой (каскадные схемы, индукторные муфты).

3.136. КПД насосных агрегатов зависит от режима их работы и определяется по характеристикам, приводимым в каталогах. Для крупных агрегатов максимальные КПД = 0,9–0,92. Небольшие водопроводные насосы и фекальные насосы имеют КПД = 0,6–0,75. Шнековые водоподъемники, используемые в системах водоотведения, работают при КПД = 0,55–0,65.

3.137. Электрические нагрузки требуется определять при проектировании систем городского водоснабжения и водоотведения конкретных объектов (на стадии составления технического проекта) и при подготовке технико-экономических обоснований (ТЭО) на проектирование.

3.138. При разработке технического проекта для каждого сооружения системы водоснабжения и водоотведения номинальную и максимальную мощности электроустановок определяют по расчетным нагрузкам (производительность, полный напор и КПД насосных станций, производительность воздуходувок и т.д.).

3.139. Электрические нагрузки для станций по очистке питьевых и сточных вод определяют так же, как и для промышленных предприятий (см. 3.166). Режим потребления электроэнергии на этих станциях (без учета насосных станций I и II подъема) близок к равномерному, так как некото-

рые энергоемкие технологические процессы (например, промывка фильтров) могут производиться в часы, не совпадающие с периодом максимальной нагрузки на энергосистемы.

3.140. Расчетную электрическую нагрузку на насосных станциях всех видов определяют на основе гидравлических расчетов систем водоснабжения и водоотведения с учетом неравномерности водопотребления (водоотведения) и режима работы регулирующих емкостей.

3.141. Максимальное потребление электроэнергии насосными станциями II и последующих подъемов, а также насосными станциями подкачки совпадает с периодом максимальной нагрузки на энергосистему. Для насосных станций I подъема, подающих воду на очистные сооружения или в сборные резервуары, принимается равномерный режим потребления энергии (для суток максимального водопотребления).

3.142. Максимальное потребление электроэнергии насосными станциями по перекачке сточных вод может не совпадать с периодом максимальной нагрузки на энергосистему (особенно для станций, имеющих большой район водоотведения). Поэтому при изучении режимов водоотведения в различных городах следует установить кривые распределения вероятности появления максимальных расходов различной обеспеченности отдельно для периода максимальной нагрузки на энергосистему.

3.143. При проектировании систем водоснабжения рассматривают варианты снижения максимальной мощности насосной станции путем выравнивания режима ее работы. Эти варианты связаны в основном с устройством напорных и безнапорных регулирующих емкостей (перед насосными станциями II и последующих подъемов, на промышленных предприятиях), башен на сети и т.п.

3.144. Общий расход электроэнергии в системах подачи и отведения воды может быть снижен путем уменьшения избыточных напоров на выходе из насосных станций в режимах среднего и минимального водопотребления. При проектировании рассматривают варианты установки большего числа разнотипных насосных агрегатов и использования регулируемого электропривода.

3.145. Укрупненные показатели расхода электроэнергии и установленной мощности электрооборудования в расчете на 1000 м^3 суточной производительности системы водоснабжения и водоотведения, необходимые при разработке ТЭО на проектирование этих систем, разрабатывают дифференцированно в зависимости от удельного расхода воды на одного жителя города, протяженности водоводов и сети, геометрических высот подъема воды от водоисточника до потребителя и обратного спуска.

3.146. Исследования укрупненных показателей расхода электроэнергии и установленной мощности базируются на сборе и анализе данных эксплуатации и проектных материалов.

3.147. Указанные исследования рекомендуется выполнять путем анкетного опроса, обобщения полученных результатов построением уравнений множественной регрессии, связывающих удельные расходы электроэнергии со значениями основных влияющих факторов (см. прил. 12).

3.148. Учет в укрупненных показателях новых технологических процессов, отличающихся высокой энергоемкостью (озонаторные и электролизные установки, станции по доочистке сточных вод, системы сбора, транспортирования и очистки поверхностного стока с городских территорий), выполняют расчетным путем.

Нагрузки промышленных предприятий, присоединенных к городским электрическим сетям общего назначения

3.149. Настоящая Методика распространяется на городские промышленные предприятия, получающие энергию от городских электрических

сетей напряжением 0,38–10(6) кВ совместно с другими городскими потребителями – коммунально-бытовыми потребителями, городским электротранспортом, инженерными сооружениями и пр.

3.150. Промышленные предприятия питаются, как правило, от собственных трансформаторных подстанций 10(6); 0,4 кВ (одной или нескольких), присоединенных к общей линии распределительной сети 6(10) кВ.

3.151. К городским относятся также мелкие предприятия с нагрузкой 60–50 кВт, питающиеся от сети 0,38 кВ обычно отдельными вводами, и крупные производства с нагрузкой до 3–5 МВт, если невозможно построить для них понизительные подстанции 35 кВ и выше.

3.152. В зависимости от вида выпускаемой продукции в состав городских промышленных предприятий входят:

механические и ремонтно-механические заводы;
хлебозаводы и кондитерские фабрики;
кирпичные заводы, заводы железобетонных и силикатных изделий;
швейные фабрики;
предприятия пищевой промышленности;
автобазы;
мебельные и деревообрабатывающие фабрики;
текстильные и трикотажные фабрики;
фабрики обувные и кожаных изделий;
заводы химические и резиновых изделий;
мясокомбинаты;
молокозаводы;
городские строительные организации.

Определение фактических электрических нагрузок

3.153. При исследованиях нагрузок промышленных предприятий необходимо обследовать отдельные группы предприятий, охватывая по возможности предприятия с одинаковой технологией производства, сменностью работы, однородной номенклатурой выпускаемой продукции.

В качестве обследуемых выбирают предприятия с установившимся режимом работы, т.е. эксплуатирующиеся не менее 3–5 лет после сооружения или реконструкции.

3.154. По материалам эксплуатационных организаций выявляют характер изменения потребления энергии предприятием в течение суток, сезонов и пр. Суточные графики могут служить основой для определения величин нагрузок. Однако при пользовании этими графиками следует обратить внимание на некоторые моменты, снижающие достоверность получаемой информации:

для многих предприятий суточные графики нагрузок составляют с часовым интервалом осреднения, что при их использовании может привести к ошибке в определении величин нагрузок;

в период максимальных нагрузок энергосистемы (зимой) предприятия могут перейти на работу по вынужденному графику. Это связано с дефицитом активной мощности в отдельных энергосистемах и приходится обычно на время максимума энергосистемы (16–20 ч). Поэтому данные по расходу электроэнергии могут служить лишь ориентировочным материалом при обследовании нагрузок промышленных предприятий.

3.155. Анализ производственно-технологических показателей обследуемого предприятия и его электроэнергетических характеристик производится путем изучения действующей документации на предприятии. Для этого заполняют "Сводку материалов обследования промышленного предприятия" (см. прил. 13).

3.156. Для реконструируемых и проектируемых предприятий выполняют анализ проектов. Для этого пользуются проектами предприятий,

выполненными различными специализированными организациями, и типовыми проектами. Для анализа данных, содержащихся в проектах, заполняют "Сводку материалов обследования промышленного предприятия" (см. прил. 13), как и для действующих предприятий.

3.157. Для получения достоверных данных о нагрузках промышленных предприятий замеры целесообразно производить на стороне высшего напряжения (6–10 кВ) трансформаторных подстанций, питающих предприятие. Однако эти измерения представляют повышенную опасность. Поэтому рекомендуется замеры производить на стороне низшего напряжения (0,38 кВ).

При необходимости выполнять замеры на стороне высшего напряжения следует пользоваться стационарными измерительными приборами и строго выполнять правила техники безопасности.

3.158. Нагрузки измеряют на вводе низшего напряжения (0,38 кВ) силового трансформатора, если от трансформаторной подстанции питается только исследуемый потребитель, или на щите непосредственно на вводе потребителя.

3.159. На каждом предприятии фиксируют почасовые графики нагрузки в характерные дни во время зимнего и летнего минимумов (так как некоторые предприятия работают с максимальной загрузкой летом). Графики удобно снимать по показаниям счетчиков, амперметров и других приборов, установленных на предприятиях, или измерительными клещами.

3.160. Нагрузку измеряют в период максимума (в конце месяца, квартала в течение 3–4 дней), в качестве расчетной принимают наиболее загруженную, т.е. с наибольшим потреблением активной энергии.

3.161. Иногда невозможно использовать счетчики, установленные на относительно мелких предприятиях, так как они учитывают энергию, реализованную несколькими потребителями вместе с силовой нагрузкой. В таких случаях и при отсутствии измерительных стационарных приборов для записи графиков необходима установка переносных самопишущих приборов, счетчиков, а если объект нельзя отключить на время подключения прибора, то следует использовать счетчики с приставкой для автоматической цифровой записи показаний.

Определение расчетных электрических нагрузок

3.162. Расчеты основных параметров для определения расчетных электрических нагрузок промышленных предприятий проводят в соответствии со "Справочником по электроснабжению промышленных предприятий" [17].

3.163. Для определения ожидаемых нагрузок требуются исходные данные, объем и полнота которых зависят от того, какие предприятия рассматриваются (действующие, реконструируемые, строящиеся и проектируемые, намечаемые промышленные предприятия).

3.164. К действующим относятся предприятия, которые в срок действия проекта по развитию городской электросети не изменяют номенклатуру и объем выпускаемой продукции. Нагрузка их возрастает, как правило, вследствие совершенствования технологического процесса. Для таких предприятий обычно известны объем и номенклатура выпускаемой продукции, численность персонала, производственная площадь, число смен, установленная мощность электроприемников, договорные и зафиксированные максимальные нагрузки, потребление электроэнергии за прошлые годы, соотношения между максимальными нагрузками смен и др.

3.165. Реконструируемые предприятия имеют либо данные по проекту реконструкции, либо только сведения о планируемом увеличении продукции (в натуральном или денежном выражении), числе рабочих и др.

3.166. Для проектируемых и строящихся предприятий существуют плановые данные об объеме и номенклатуре выпускаемой продукции, о

производственных площадях, расчетной нагрузке, ожидаемом потреблении электроэнергии, планируемом числе работающих, режиме работы и др.

3.167. Для намечаемых предприятий известны тип предприятий (типовой проект, по которому намечено его сооружение), ориентировочные данные о его дислокации, номенклатуре и объеме продукции (натуральные показатели или в денежном выражении), производственные площади, число работающих, число единиц основного технологического оборудования.

3.168. Методы определения расчетных электрических нагрузок промышленных предприятий разделяют на группы:

методы определения расчетных нагрузок по удельным показателям производства – удельному расходу электроэнергии и нагрузке;

методы, определяющие расчетную нагрузку по установленной мощности и коэффициенту спроса;

методы, определяющие расчетную нагрузку по средней мощности, коэффициентам формы графика нагрузки, максимума нагрузки (метод упорядоченных диаграмм показателей графиков нагрузки) и среднеквадратичному отклонению (статистический метод).

Определение расчетной нагрузки по удельным показателям

3.169. При наличии данных об удельных расходах электроэнергии W_i (на единицу продукции в натуральном или денежном выражении на одного работающего) расчетную нагрузку определяют по формуле

$$P_м = W_i \, П / T_м \, , \qquad (3.54)$$

где $П$ – показатель объема или стоимости выпускаемой продукции за год или число персонала, занятого на производстве; $T_м$ – число часов использования максимума активной нагрузки, принимаемое по справочным или инструктивным данным для отраслей промышленности.

3.170. При наличии данных об удельных нагрузках на единицу производственной площади P_{0i} расчетная нагрузка

$$P_м = P_{0i} \, F \, . \qquad (3.55)$$

3.171. Удельные показатели W_i, P_{0i} определяют на основании обработки статистических данных для аналогичных предприятий.

Определение расчетной нагрузки по установленной мощности и коэффициенту спроса

3.172. Для группы однородных по режиму работы приемников нагрузку рассчитывают из выражений:

$$P_м = K_c \, P_н \, ; \qquad (3.56)$$

$$Q_м = P_м \, \mathrm{tg} \, \varphi \, ; \qquad (3.57)$$

$$S_м = P_м / \cos \varphi = \sqrt{P_м^2 + Q_м^2} \, , \qquad (3.58)$$

где K_c – коэффициент спроса для данной группы приемников, принимаемый по справочным материалам: $\cos\varphi (\mathrm{tg}\varphi)$ – коэффициент мощности, характерный для данной группы электроприемников, определяемый по справочным материалам.

3.173. Расчетную нагрузку промпредприятия определяют суммированием расчетных нагрузок отдельных групп электроприемников, входящих в предприятие, с учетом коэффициента совмещения расчетных максимумов нагрузки

$$S_м = K_{сов}\sqrt{\left(\sum_1^n P_м\right)^2 + \left(\sum_1^n Q_м\right)^2}\ , \qquad (3.59)$$

где $K_{сов}$ – коэффициент совмещения максимумов нагрузки отдельных групп приемников, определяемый по справочному материалу.

Определение расчетной нагрузки по средней мощности и коэффициент формы графика нагрузки

3.174. Нагрузку рассчитывают по следующим выражениям:

$$P_м = K_ф\ \bar{P}_{см}\ ; \qquad (3.60)$$

$$Q_м = P_м\ \mathrm{tg}\,\varphi\ ; \qquad (3.61)$$

$$S_м = \sqrt{P_м^2 + Q_м^2}\ . \qquad (3.62)$$

3.175. Данный метод применяется для определения нагрузок на шинах ТП, РП, ЦП при достаточно равномерных графиках нагрузок предприятия, если $K_ф = 1-1{,}2$.

3.176. Коэффициент формы может быть определен на действующем предприятии за несколько дней, его среднее значение

$$K_ф = \sqrt{n}\ \sqrt{\sum_1^n (\Delta W_i)^2}\ /W\ , \qquad (3.63)$$

где W – расход активной энергии за период T по счетчику электроэнергии; n – число равных интервалов, на которое разбит график нагрузки, заснятый за период $/$; ΔW_i – расход электроэнергии за интервал времени ΔT по показаниям счетчика.

3.177. Если опытным путем установить $K_ф$ трудно, с достаточной степенью точности полагают $K_ф = 1{,}1-1{,}2$. При этом $K_ф$ уменьшается от низких ступеней к высшим.

Определение расчетной нагрузки по средней мощности и коэффициенту максимума

3.178. Активную нагрузку группы приемников рассчитывают по выражению

$$P_м = K_м\ \bar{P}_{см} = K_м\ K_и\ P_н\ . \qquad (3.64)$$

Коэффициент максимума $K_м$ является функцией эффективного числа электроприемников $n_э$ и коэффициента использования $K_и$. Эффективное число электроприемников определяют в соответствии с п. 1.47; 1.48. Значения коэффициента использования $K_и$ для отдельных характерных групп приемников принимают по справочным материалам. Значения коэффициента максимума $K_м$ по известным значениям $n_э$ и $K_и$ определяют по прил. 14.

3.179. Для интервала осреднения, отличающегося от T=30 мин, применяют следующую форму определения расчетной нагрузки:

$$P_м = K_{мT}\,\bar{P}_{см}\,, \qquad (3.65)$$

где $K_{мT}$ – коэффициент максимума для интервала осреднения продолжительностью T;

$$K_{мT} = 1 + (K_м - 1)/\sqrt{2T}\,;$$

при $T = 0{,}5$ ч

$$K_{мT} = K_м\,.$$

3.180. Расчетную реактивную нагрузку группы приемников с переменным графиком нагрузки (при индуктивном характере нагрузки) принимают равной:

при $n \leq 10$ $\qquad Q_м = 1{,}1\,\bar{Q}_{см}\,;$ (3.66)

при $n > 10$ $\qquad Q_м = \bar{Q}_{см}\,;$ (3.67)

среднюю реактивную мощность за наиболее нагруженную смену принимают равной:

$$\bar{Q}_{см} = K_{ир}\,Q_м \qquad (3.68)$$

или

$$\bar{Q}_{см} = \bar{P}_{см}\,\mathrm{tg}\,\varphi\,. \qquad (3.69)$$

3.181. Выбор метода определения расчетных нагрузок зависит от исходных данных об исследуемом предприятии и требуемой точности расчета.

3.182. При определении расчетных нагрузок по отдельным группам электроприемников или узлам напряжением до 1000 В используют методы упорядоченных диаграмм и статистический метод.

3.183. На высших ступенях системы напряжения, начиная от магистральных линий 0,38 кВ, питающих предприятие, шин низкого напряжения ТП и до линий 6–10 кВ распределительной и питающей сети, следует применять методы расчета, основанные на использовании средней мощности, коэффициентов $K_м$, $K_ф$ и статистического метода. Практически для указанных систем электроснабжения коэффициенты меняются незначительно.

3.184. При ориентировочных расчетах (для реконструируемых и намечаемых предприятий) можно определять расчетную нагрузку по установленной мощности и K_c. Этот метод дает грубую оценку расчетной нагрузки и рекомендуется для предприятий с большим числом электроприемников.

3.185. Применять методы расчета по удельным показателям мощности или расхода электроэнергии можно в отдельных случаях для предприятий, имеющих постоянные графики нагрузок в наиболее загруженную смену; для намечаемых предприятий при отсутствии каких-либо данных, за исключением ориентировочного выпуска продукции (в рублях или натуральном выражении), производственной площади или численности персонала.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ

4.1. При комплексном электроснабжении требуется определять характеристики графиков отдельных потребителей и расчетных нагрузок линий 10(6) – 20 кВ.

Задача определения достоверных значений нагрузок различных элементов сетей осложняется влиянием ряда факторов и зависимостей.

4.2. Проведенный анализ графиков потребителей, электроснабжение которых предполагается по комплексным схемам, показал, что для максимума каждого предприятия и коммунально-бытовых потребителей процесс изменения нагрузки можно считать стационарным.

4.3. Суммарная нагрузка распределительных подстанций (РП), а также питающих линий 10(6) кВ получается в результате композиции нормальных законов распределения нагрузок ТП как независимых случайных величин.

4.4. Для заданного момента суммарную нагрузку произвольного числа трансформаторов, рассматриваемую как сумму случайных величин нагрузок отдельных трансформаторов, определяют из выражения

$$P_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{n} M_i(\bar{P}_i) + t_{\alpha}\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \sigma_i^2}\,, \qquad (4.1)$$

где $M_i(\bar{P}_i)$ – математическое ожидание нагрузки i-го трансформатора, соответствующее статистическому среднему значению нагрузки единичного трансформатора; σ_i^2 – среднеквадратичное отклонение нагрузки i-го трансформатора; t_{α} – нормированное отклонение при нормальном законе распределения (см. прил. 2).

4.5. Использование выражения (4.1) для определения расчетной нагрузки при комплексном электроснабжении в массовых расчетах затруднительно. Поэтому предлагается применять коэффициент, равный отношению нагрузки, определенной по выражению (4.1), к арифметической сумме расчетных нагрузок отдельных трансформаторов, получающих питание по той или иной линии (электрической сети) напряжением 10(6) – 20 кВ:

$$K_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} \bar{P}_i + t_{\alpha}\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \sigma_i^2}}{\sum_{i=1}^{n} (\bar{P}_i + t_{\alpha}\,\sigma_i)}\,. \qquad (4.2)$$

4.6. Определить расчетные электрические нагрузки в элементах сетей (распределительные линии напряжением до 1000 В, ТП, линии напряжением 10(6) – 20 кВ, РП, ЦП и др.) следует в соответствии с "Указаниями по проектированию городских электрических сетей" [2].

4.7. Расчетную электрическую нагрузку $P_{н}$ линий ТП, питающих жилые дома и общественные здания (помещения), определяют по формуле

$$P_{н} = P_{макс} + K_1 P_1 + K_2 P_2 + \ldots + K_i P_i\,, \qquad (4.3)$$

где $P_{макс}$ – наибольшая из электрических нагрузок, питаемых рассматриваемой линией или ТП (суммарная нагрузка всех жилых квартир либо нагрузка одного из прочих зданий), кВт; $P_1 \ldots P_i$ – все остальные расчетные нагрузки, питаемые линией или ТП, кВт; $K_1, \ldots, K_i$ – коэффициенты совмещения, учитывающие несовпадение максимумов нагрузок различных потребителей, определяемые по ВСН 97-75.

4.8. При определении электрической нагрузки линии ТП в аварийном режиме к расчетной нагрузке вводят коэффициент 0,9, учитывающий малую вероятность совпадения момента аварии с расчетным максимумом нагрузки.

4.9. Расчетные нагрузки сетей 10(6) – 20 кВ определяют путем умножения суммы активных расчетных нагрузок трансформаторов отдельных ТП, присоединенных к данному элементу сети (ЦП, РП, линии и др.), на коэффициент совмещения максимумов их нагрузок, принимаемый по ВСН 97-75. Коэффициент мощности для линий 10(6) – 20 кВ в период максимума нагрузки принимают равным 0,9.

4.10. В реконструируемых районах для сохраняемой застройки при отсутствии изменений степени ее электрификации (например, не предусматривается централизованный переход на электропищеприготовление или электроводонагрев) расчетные электрические нагрузки допускается определять по эксплуатационным измерениям с учетом естественного годового увеличения нагрузок на 1–1,5%.

4.11. При наличии только суммарных данных по застройке расчетную нагрузку можно ориентировочно оценивать с помощью приведенных к шинам ТП удельных нагрузок, отнесенных к 1 м^2 общей площади квартиры, принимаемых по ВСН 97-75.

4.12. При определении расчетных нагрузок на шинах напряжением 10(6) – 20 кВ, ЦП следует учитывать несовпадение максимумов нагрузок городских сетей промышленных предприятий путем умножения суммы активных расчетных нагрузок на коэффициент совмещения максимумов нагрузок, принимаемый по ВСН 97-75.

Форма бланка для заполнения при расшифровке регистрограмм
Результаты измерений электрических нагрузок

№ ТП . . . . . Наименование объекта . . . . . .
Прибор № _____ Тип прибора _____ Трансформатор тока прибора _____ Трансформатор напряжения прибора _____ Шкала прибора _____
Установлены: трансформатор тока ___ №___; трансформатор напряжения ___ №_____

Время суток, ч-мин	Дата измерения и день недели					$\sum_{i=1}^{n} P_i$
0.00–0.30						
0.30–1.00						
1.00–1.30						
.....						
22.30–23.00			*			
23.00–23.30						
23.30–24.00						

*Наибольшее значение за сутки.

Распределение нормированных отклонений в малой выборке

Объем выборки	Значение t_α, для которых вероятность $p(-t_\alpha < t < t_\alpha) = \alpha$				
	0,90	0,95	0,98	0,99	0,999
1	6,31	12,71	31,82	63,66	636,20
2	2,92	4,30	6,97	9,93	31,60
3	2,35	3,18	4,54	5,84	12,94
4	2,13	2,78	3,75	4,60	8,61
5	2,02	2,57	3,37	4,03	6,86
6	1,94	2,45	3,14	3,70	5,96
7	1,90	2,37	3,00	3,50	5,40
8	1,86	2,30	2,90	3,36	5,04
9	1,83	2,26	2,82	3,25	4,78
10	1,81	2,23	2,76	3,17	4,59
11	1,80	2,20	2,72	3,11	4,49
12	1,78	2,18	2,68	3,06	4,32
13	1,77	2,18	2,65	3,06	4,12
14	1,76	2,14	2,62	2,98	4,14
15	1,75	2,13	2,60	2,95	4,07
16	1,75	2,12	2,58	2,92	4,02
17	1,74	2,11	2,57	2,90	3,97
18	1,73	2,10	2,55	2,88	3,92
19	1,73	2,09	2,54	2,86	3,88
20	1,72	2,09	2,53	2,85	3,85
21	1,72	2,08	2,52	2,83	3,82
22	1,72	2,07	2,51	2,82	3,79
23	1,71	2,07	2,50	2,81	3,77
24	1,71	2,06	2,49	2,80	3,75
25	1,71	2,06	2,49	2,79	3,72
26	1,71	2,06	2,48	2,78	3,71
27	1,70	2,05	2,47	2,77	3,69
28	1,70	2,05	2,47	2,76	3,67
29	1,70	2,05	2,40	2,76	3,66
30	1,70	2,04	2,46	2,75	3,65
40	1,68	2,02	2,42	2,70	3,55
60	1,67	2,00	2,39	2,66	3,36
120	1,66	1,98	2,36	2,62	3,37
∞	1,65	1,96	2,33	2,58	3,29

Форма бланка для внесения результатов экспериментальных данных
(наименование объекта)

								$\sum n$
1. Дата измерения								(число измерений)
2. День недели								
3. Час максимума нагрузки								
4. Получасовой максимум нагрузки $P_i\ (Q_i)$								$\sum_1^n P_i(Q_i)$
5. $P_i(Q_i) - \bar{P}_н\ (\bar{Q}_н)$								
6. $[P_i(Q_i) - \bar{P}_н\ (\bar{Q}_н)]^2$								$\sum_1^n [P_i(Q_i) - \bar{P}_н(\bar{Q}_н)]^2$

$$\bar{P}_н(\bar{Q}_н) = \sum_1^n P_i(Q_i)/n\ ; \qquad \sigma_{\bar{P}_н(\bar{Q}_н)} = \sqrt{\sum [P_i(Q_i) - \bar{P}_н(\bar{Q}_н)]^2/(n-1)}\ ;$$

$$P_н = \bar{P}_н + t_\alpha \sigma_{\bar{P}_н}\ ; \quad Q_н = \bar{Q}_н - t_\alpha \sigma_{\bar{Q}_н}\ ; \quad \bar{I}_н = \sum_1^n I_i/n\ ; \quad \sigma_{\bar{I}_н} = \sqrt{\sum (I_i - \bar{I}_н)^2/(n-1)}\ .$$

Примечание. t_α выбирают с учетом заданной вероятности в зависимости от количества измерений.

Формы бланков для расчета графиков электрических нагрузок и их характеристик

Изменение во времени получасового максимума нагрузки

Время суток с получасовым интервалом, ч-мин	Число измерений	Среднеквадратичное отклонение		Получасовая нагрузка, кВт или А				Наибольшая измеренная получасовая нагрузка
			$\sigma_{\bar{P}} \pm 0_{\sigma_{\bar{P}}}$	средняя		расчетная		
		$\sigma_{\bar{P}}$	при вероятности $p(t)$	$\bar{P}$	$\bar{P} \pm 0_{\bar{P}}$ при вероятности $p(t)$	$\bar{P} + t_{\alpha}\sigma_{\bar{P}}$	при вероятности $p(t)$	
0.00–0.30								
0.30–1.00								
1.00–1.30								
.....								
23.00–23.30								
23.30–24.00								

Продолжение прил. 4

Характеристика суточных графиков нагрузки _____

№ ТП (наименование объекта)

Показатель	Дни недели					
	будни		суббота		воскресенье	
	среднее значение	при вероятности $p(t)$	среднее значение	при вероятности $p(t)$	среднее значение	при вероятности $p(t)$
Число суток						
Средний получасовой максимум нагрузки $\bar{P}_{макс}$, кВт или А						
Час максимума						
Средний получасовой минимум $\bar{P}_{мин}$, кВт или А						
Час минимума						
Среднесуточное потребление электроэнергии $\bar{W}_{сут}$, кВт·ч/сут						
Коэффициент неравномерности суточного графика $K_{нер}$						
Коэффициент заполнения суточного графика $K_з$						
Среднесуточная получасовая нагрузка $\bar{P}_{сут}$, кВт или А						
Годовое число часов использования среднего получасового максимума $\bar{T}_{год}$						

Прочие показатели $\bar{P}=(p_1+p_2+\ldots+p_n)/n=\sum_1^n p/n$ $\bar{P}_{сут}=\bar{W}_{сут}/24$ $K_{нер}=\bar{P}_{мин}/\bar{P}_{макс}$ $K_э=\bar{P}_{сут}/\bar{P}_{макс}=\bar{W}_{сут}/24\bar{P}_{макс}$ $\bar{T}_{год}=\bar{W}_{год}/\bar{P}_{макс}$					

Приложение 5

Формы бланков для внесения результатов исследований электрических нагрузок жилых зданий

Результаты исследований электрических нагрузок жилых зданий

Показатель	Ввод	Объект		
Период измерений, год				
Расчетное число суток				
Число подключенных квартир (домов/семей)*				
Средний максимум нагрузки $\bar{P}_м$, кВт или А				
Наибольший измеренный максимум нагрузки $P_{наиб}$, кВт или А				
Среднеквадратичное отклонение $\sigma_{\bar{P}_м}$, кВт или А				
Вариация V, %				
Ошибка среднего значения максимума $\sigma_{\bar{P}_м}$, кВт или А				

Продолжение прил. 5

Показатель	Ввод	Объект		
Ошибка среднеквадратичного отклонения $\sigma_{общ_м}$, кВт				
Расчетный максимум нагрузки $P_м$, кВт или А				
Удельный средний максимум нагрузки $\bar{P}_{у.м}$, кВт/ квартира (семья)				
Наибольший измеренный удельный максимум нагрузки $P_{у.изм}$, кВт/квартира (семья)				
Расчетный удельный максимум нагрузки $P_{у.м}$, кВт/квартира (семья)				
Удельное годовое потребление электроэнергии $\bar{W}_{год}$, кВтч/квартира (семья)				
Годовое число часов использования расчетного максимума нагрузки $T_м$				
Прочие показатели				

* При одноэтажной застройке.

Удельные характеристики жилых квартир

Показатель	Объект		
Число обследованных квартир (семей)			
Средняя жилая площадь квартиры, м^2/квартира			
Среднее число жителей в квартире			
Обеспеченность жилой площадью, м^2/чел			
Средняя установленная мощность квартиры $P_у$, кВт/квартира			
Наибольшее значение установленной мощности $P_{у.наиб}$, кВт/квартира			
Наименьшее значение установленной мощности $P_{у.наим}$, кВт/квартира			
Среднеквадратичное отклонение $\sigma_{P_у}$, кВт			
Вариация, %			
Ошибка среднего значения установленной мощности $O_{P_у}$, кВт			
Ошибка среднеквадратичного отклонения $O_{\sigma_{P_у}}$, кВт			
Среднее годовое потребление электроэнергии $W_{год}$, кВт·ч/квартира			
Наибольшее значение годового потребления электроэнергии $W_{год.наиб}$, кВт·ч/квартира			

Продолжение прил. 5

Показатель	Ввод	Объект	
Наименьшее значение годового потребления электроэнергии $W_{\text{год.наим}}$, кВт·ч/квартира			
Среднеквадратичное отклонение $\sigma_{\bar{W}}$, кВт·ч			
Вариация, %			
Ошибка среднего значения потребления электроэнергии $O_{\bar{W}}$, кВт·ч			
Ошибка среднеквадратичного отклонения O_{σ_W}, кВт·ч			
Прочие показатели			

Некоторые показатели для определения электрических нагрузок жилых зданий

Значение поправочных коэффициентов в зависимости от времени измерений

Уровень электрификации района	Время суток, ч-мин									
	17-00	17-30	18-00	18-30	19-00	19-30	20-00	20-30	21-00	21-30
Электрические плиты	1,6	1,4	1,1	1,05	1,05	1	1,05	1,2	1,3	1,5
Газовые плиты	1,7	1,4	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,02	1	1,02

Значения коэффициента $K_{пер}$ в зависимости от числа квартир

Уровень электрификации жилого здания	Число квартир						
	15	20	30	45	75	150–200	300 и более
Газовая плита	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05
Электрическая плита	2	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1

Приложение 7

Формы бланков для внесения результатов обследования жилых и общественных зданий

№ ТП _____, тип застройки _____, число этажей _____, секций _____

Адрес	Жилая площадь квартиры (дома) S, м²	Вид заселения (квартирное, покомнатное)	Число комнат в квартире m	Число жителей Z	Освещение		Тип бытового прибора и установ-			
					число ламп и мощность, кВт	суммарная мощность, кВт	радиоприемник	телевизор	холодильник	стиральная машина
1	ΣS	–	–	–	$\Sigma n_{ламп}$	–	$\Sigma n_{р}$	$\Sigma n_{тел}$	$\Sigma n_{хол}$	$\Sigma n_{с.м}$
2	$\Sigma S/N$	–	Σm	ΣZ	–	$\Sigma P_{осв}$	$\Sigma P_{р}$	$\Sigma P_{тел}$	$\Sigma P_{хол}$	$\Sigma P_{с.м}$
3	$\Sigma S/\Sigma m$	–	$\Sigma m/N$	$\Sigma Z/N$	$\Sigma P_{осв}/\Sigma n_{ламп}$	$\Sigma P_{осв}/N$	$\Sigma P_{р}/\Sigma n_{р}$	$\dfrac{\Sigma P_{тел}}{\Sigma n_{тел}}$	$\dfrac{\Sigma P_{хол}}{\Sigma n_{хол}}$	$\dfrac{\Sigma P_{с.м}}{\Sigma n_{с.м}}$

Адрес	Жилая площадь квартиры (дома) S, м^2	ленная мощность				Суммарная установленная мощность приборов, кВт	Суммарная установленная мощность в квартире, кВт	Плита для приготовления пищи мощностью, кВт	Вид теплоснабжения		Прочие показатели	Расход электроэнергии за год, кВт·ч/квартира
		электрорутюг	пылесос	полотер	прочие				отопление	горячее водоснабжение		
1	ΣS	$\Sigma n_{ут}$	$\Sigma n_{пыл}$	$\Sigma n_{пол}$	$\Sigma n_{проч}$	–	–	$\Sigma n_{эл.п}$	–	–	–	–
2	$\Sigma S/N$	$\Sigma P_{ут}$	$\Sigma P_{пыл}$	$\Sigma P_{пол}$	$\Sigma P_{проч}$	$\Sigma P_{прив}$	$\Sigma P_{прив} + \Sigma P_{осв}$	$\Sigma P_{эл.п}$	–	–	–	$\Sigma W_{год}$
3	$\Sigma S/\Sigma n$	$\frac{\Sigma P_{ут}}{\Sigma n_{ут}}$	$\frac{\Sigma P_{пыл}}{\Sigma n_{пыл}}$	$\frac{\Sigma P_{пол}}{\Sigma n_{пол}}$	$\frac{\Sigma P_{проч}}{\Sigma n_{проч}}$	$\frac{\Sigma P_{прив}}{N}$	$\frac{\Sigma P_{прив}}{N} + \frac{\Sigma P_{осв}}{N}$	$\frac{\Sigma P_{эл.п}}{N}$	–	–	–	$\frac{\Sigma W_{год}}{N}$

Данные о насыщении и установленной мощности бытовых электроприборов в жилом доме № _____ по ул. _____, № ТП _____

Прибор	В целом по объекту (данные по дому, группе домов)		Однокомнатная квартира		Двухкомнатная квартира		Трехкомнатная квартира		Четырехкомнатная квартира	
	Средняя мощность одного прибора, Вт	Число приборов на 100 семей	Средняя мощность одного прибора, Вт	Число приборов на 100 семей	Средняя мощность одного прибора, Вт	Число приборов на 100 семей	Средняя мощность одного прибора, Вт	Число приборов на 100 семей	Средняя мощность одного прибора, Вт	Число приборов на 100 семей
Радиоприемник										
Телевизор										
Холодильник										
Стиральная машина										
Электроутюг										
Пылесос										
Полотер										
Электроплита										
Прочие										
.....										

Сводные данные по установленной мощности электрооборудования
Наименование объекта _____ **Адрес** _____

Дата проведения обследования _____

Элемент сети	Всего установлено электрооборудования			В том числе группы электроприемников								
				первая			вторая			третья		
	по проекту	фактически		по проекту	фактически		по проекту	фактически		по проекту	фактически	
		установлено	работает		установлено	работает		установлено	работает		установлено	работает
.....												
Итого по вводу 1												
Всего по объекту												

Годовое число часов использования расчетного максимума нагрузки

Потребитель	Нагрузка		
	общая	силовая	световая
Общественные здания			
Предприятия общественного питания:			
столовые	–	1500–3000	1600–2400
рестораны	3300–4700	3800–5000	3000–4000
Продовольственные магазины	–	2000–3000	1700–2300
Промтоварные магазины (с кондиционированием)	4100–4200	–	–
Корпуса больниц:			
лечебные	2200–3200	–	–
хирургические	3300–3800	–	–
Поликлиники	1900–2200	–	–
Аптеки	1300–1600	–	–
Гостиницы[1]:			
без ресторанов	3300–5000	2500–4500	3800–4000
с ресторанами	4800–5000	4200–4500	3800–4300
Административные здания (с кондиционированием)	2500–3500	4400–6400	1100–1200
Предприятия бытового обслуживания:			
комбинаты	2300	–	–
фотографии	3400	–	–
ателье	–	1300	3900
Школы односменные:			
без пищеблока	500–700	1300–1500	300–400
с пищеблоком	800	–	–
Школы двухсменные без пищеблока	–	*1300–2300*	*1700–2000*
Жилые здания:			
не оборудованные стационарными электроплитами	3000	–	–
оборудованные стационарными электроплитами	3400	–	–

[1] Большие значения относятся к гостиницам с кондиционированием воздуха, меньшие – без кондиционирования.

Некоторые показатели для расчета электрических нагрузок гостиниц и административных зданий

Коэффициенты спроса для расчета нагрузок в групповых и питающих сетях и на вводах освещения

Предприятие	Групповые сети аварийного освещения	Питающие сети внутри зданий	Вводы
Гостиница	1	0,7	0,5
Ресторан при гостинице	1	0,8	0,65
Предприятие бытового обслуживания при гостинице	1	В соответствии с ВСН 19-74	
Административное здание	1	0,7	0,5

Коэффициенты спроса для расчета нагрузок в элементах силовых сетей

Предприятие	Линии к отдельным группам электроприемников (лифты, кондиционеры, вентиляторы, холодильники и др.)	Питающие линии внутри зданий	Вводы
Гостиница	0,8	0,6	0,45
Ресторан	В соответствии с ВСН 19-74		
Предприятие бытового обслуживания при гостинице	То же		
Административное здание	0,8	0,6	0,4

Коэффициенты одновременности для расчета нагрузок нескольких вводов

Число вводов	$K_{одн}$
2	0,95
3	0,9
4	0,8
6	0,75
8	0,75

Расчетные коэффициенты, учитывающие несовпадение расчетных максимумов силовых и осветительных нагрузок

Предприятие	Соотношение расчетных максимумов силовых и осветительных нагрузок ($P_{м.с}/P_{м.о}$)						
	0,2	0,2	0,5	1	2	5	5
Гостиница	1	0,9	0,85	0,8	0,85	0,9	1
Ресторан	В соответствии с ВСН 19-74						
Административное здание	1	–	–	–	–	–	1

Усредненные удельные расчетные электрические нагрузки

Предприятие	Удельный показатель
Гостиница, кВт/место:	
без ресторана	0,4
с рестораном	0,6
Административное здание, кВт/м^2 полезной площади:	
с кондиционированием	0,05
без кондиционирования	0,02

Приложение 10

Нормативы расчета систем электроснабжения городского электротранспорта

Экономическую плотность тока в контактных проводах, А/мм^2, определяют по формуле

$$\delta = 0{,}9\sqrt{\frac{B_{пр}\, P_{пр}\, K_{пр}}{100\, C_э\, T_ч}},$$

где $B_{пр}$ – стоимость материала проводов, руб/дм^3; $P_{пр}$ – суммарные отчисления ($P_{пр} = P_а + 100/T_н$), %; $T_н$ – нормативный срок окупаемости, год; $P_а$ – амортизационные отчисления по проводу;

$$P_а = 100/T_с,$$

$T_с$ – срок службы провода, год; $K_{пр}$ – удельная проводимость материала проводов, м/(см · мм^2); $C_э$ – стоимость электроэнергии, руб/(кВт·ч); $T_ч$ – годовое число часов потерь энергии (можно принять $T_ч$ = 4000–4500 ч).

Экономическую плотность тока в кабелях постоянного тока определяют по формуле

$$\delta = 0{,}9\sqrt{\frac{B_к\, P_к\, K_к}{100\, C_э\, T_ч}},$$

где $B_к$ и $K_к$ – соответственно стоимость и удельная проводимость материала кабеля; $P_к$ – суммарные отчисления;

$$P_к = P_{а.к} + 100/T_н,\ \%;$$

$P_{а.к}$ – амортизационные отчисления по кабелю, %.

Экономическую потерю напряжения в отрицательных питающих линиях трамвая $\Delta U_{о.н}$ рассчитывают по формуле

$$\Delta U_{о.н} = \sqrt{\frac{\Sigma I_{oi} L_{oi}^2}{\Sigma I_{oi}}}\ \frac{\delta_к}{K_к}\ 10^{-3},$$

где I_{oi} и L_{oi} – соответственно сила среднего тока и длина i-й отрицательной питающей линии.

Среднее (по длине контактной сети) расчетное значение падения напряжения от шин тяговой подстанции для токоприемников подвижного состава на любом участке питания в режиме тяги при расчетной частоте движения не должно превышать 15% номинального напряжения на шинах подстанции (600 В) для номинального режима работы системы электроснабжения.

При вынужденном режиме работы системы электроснабжения среднее значение падения напряжения в режиме тяги до токоприемника поезда, находящегося в конце участка одностороннего питания или в точке токораздела при двустороннем питании, не должно превышать 170 В.

Эффективная нагрузка контактного провода вблизи питающего пункта в длительном режиме работы (включая расчетный вынужденный режим) не должна превышать допустимого значения нагрузки, А:

	Тип провода	
	МФ-85	МКСА-80/180
Провод:		
новый	425	525
предельно изношенный	310	480

В аварийных вынужденных режимах допускается увеличение на 40% значений допустимой эффективной нагрузки контактного провода:

на время не более 0,5 ч при температуре окружающего воздуха до 20°С;

на все часы интенсивного движения в течение суток при отрицательных температурах окружающего воздуха.

Предварительно-усредненные удельные расчетные электрические нагрузки котельных

Отопительные котельные с расчетной тепловой нагрузкой потребителей 50–300 Гкал/ч (теплоноситель – вода)

Система теплоснабжения	Вид топлива	Удельная расчетная электрическая нагрузка котельной, кВт/(Гкал/ч), в зависимости от расчетной тепловой нагрузки, Гкал/ч							
		50	60	80	100	150	200	250	300
Закрытая	Уголь	15,6	14,9	13,9	13,4	–	–	–	–
	Мазут	13,3	13,1	12,9	12,8	12,6	12,7	13	13,5
	Газ	12,2	12	11,7	11,5	11,1	11,3	11,7	12,2
Открытая	Уголь	18,8	18,1	17	16,3	–	–	–	–
	Мазут	16,5	16,3	16	15,7	15,5	15,8	15,9	16,6
	Газ	15,4	15,2	14,8	14,4	14	14,2	14,6	15,3

Отопительные котельные с расчетной тепловой нагрузкой потребителей до 50 Гкал/ч (теплоноситель – вода)

Система теплоснабжения	Вид топлива	Удельная расчетная электрическая нагрузка котельной, кВт/(Гкал/ч), в зависимости от расчетной тепловой нагрузки, Гкал/ч									
		2	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Закрытая	Уголь	17	22	19,8	18,7	15	14	13,5	13,1	12,8	12,5
	Мазут	14	18,1	13,8	11,8	19,4	9,8	9,5	9	8,9	8,7
	Газ	14	15,8	11,8	9,9	9,2	8,6	8,3	8	7,9	7,7
Открытая	Уголь	17	33,3	27,7	26,2	21	19,6	18,9	18,3	17,9	17,6
	Мазут	14	28	19,3	16,5	14,6	14,2	13,8	13	12,9	12,6
	Газ	14	21,6	18,5	14,4	13,4	12,5	12	11,6	11,4	11,2

Производственно-отопительные котельные с расчетной тепловой нагрузкой потребителей до 50 Гкал/ч (теплоноситель – вода и пар)

Система теплоснабжения	Вид топлива	Удельная расчетная электрическая нагрузка котельной, кВт/(Гкал/ч), в зависимости от расчетной тепловой нагрузки, Гкал/ч							
		10	15	20	25	30	35	40	45
Закрытая	Уголь	18	17	13,6	12,7	12,3	11,9	11,7	11,5
	Мазут	12,6	10,7	9,5	8,9	8,6	8,2	8,1	8
	Газ	10,7	9	8,4	7,8	7,6	7,3	7,2	7,1

Система теплоснабжения	Вид топлива	Удельная расчетная электрическая нагрузка котельной, кВт/ (Гкал/ч), в зависимости от расчетной тепловой нагрузки, Гкал/ч							
		10	15	20	25	30	35	40	45
Открытая	Уголь	25,1	23,7	19,1	17,8	17,2	16,6	16,2	16
	Мазут	17,5	15	13,3	12,9	12,5	11,8	11,7	11,4
	Газ	16,8	13,1	12,2	11,4	10,9	10,5	10,3	10,2

Примечание. Приведенные значения удельных расчетных электрических нагрузок определены по данным анализа типовых и индивидуальных проектов котельных с поправками на условия транспортирования тепла к потребителям для котельных производительностью от 50 до 300 Гкал/ч.

Эти поправки рассчитаны по данным проектов тепловых сетей как средние значения для компактной застройки жилых районов при следующих показателях транспорта тепла:

длине магистральной тепловой сети по трассе от котельной до наиболее удаленного микрорайона: в пределах 1–3 км для расчетной тепловой нагрузки обслуживаемых котельной потребителей 50 Гкал/ч; 2–4 км для 100 Гкал/ч; 3–5 км для 150 Гкал/ч; 4–6 км для 200 Гкал/ч и 5–6 км для 300 Гкал/ч;

разности отметок площадки размещения котельной и поверхности земли по трассе магистральной тепловой сети – в пределах ±60 м.

При использовании данных указанных выше проектов котельных было принято, что их установленная производительность численно равна расчетной производительности; расчетные потери тепла в трубопроводах тепловых сетей составляют 5%; расход тепла на собственные нужды котельной равен 1% расчетной тепловой нагрузки потребителей.

Приложение 12

Опросный лист производственных управлений водопроводно-канализационного хозяйства городов

Целью настоящего опроса является установление фактических значений удельных расходов электроэнергии в системах водоснабжения и водоотведения для разработки укрупненных нормативов электропотребления в коммунальном хозяйстве.

По данным опроса разрабатывают показатели удельного электропотребления в зависимости от значений основных, влияющих на затраты энергии факторов.

При заполнении таблицы опросного листа используют данные планового отдела за год, а также основные показатели систем водоснабжения и водоотведения города.

Заполняют таблицу отдельно для системы водоснабжения и системы водоотведения. В графе общих затрат электроэнергии выделяют отдельно водозаборные сооружения, очистные сооружения, насосные станции II и последующих подъемов.

Система	n, тыс. чел.	L, км	Δh, м	$\bar{q}_{сут}$, л/(сут чел)	$P_{уст}$, кВт	W, 1000 кВт ч/год	$Q_{общ}$, 1000 м³/год	C, кВт·ч/м³
Водоснабжения:								
водозабор и очистные сооружения								
насосные станции II подъема								
насосные станции III и последнего подъемов								
Водоотведения:								
насосные станции								
очистные сооружения								

Примечание. n – численность населения в городе; L – расстояние от водоисточника (места забора воды) до наиболее удаленной точки водопроводной сети или от наиболее удаленной точки на канализационной сети до очистных сооружений канализации; Δh – разница геодезических отметок; определяется:

для систем водоснабжения по формуле

$$\Delta h = (H_{макс} - H_{мин})/2 - (h_{макс} - h_{мин})/2 ,$$

где $H_{макс}$ и $H_{мин}$ – высшая и низшая отметки уровня земли в городе; $h_{макс}$ и $h_{мин}$ – максимальная и минимальная отметки уровня воды в источнике;

для систем канализации по формуле

$$\Delta h = H_{сети} - H_{о.с} ,$$

где $H_{сети}$ – отметка земли в наиболее удаленной точке канализационной сети; $H_{о.с}$ – отметка земли у очистных сооружений канализации;

$q_{сут}$ – удельное среднесуточное водопотребление населением;

$P_{уст}$ – установленная мощность электрооборудования;

W – общие затраты электроэнергии за год;

$Q_{общ}$ – общая за год подача воды или производительность системы канализации;

C – удельные затраты электроэнергии на обработку и транспортировку воды.

Форма бланка для внесения результатов обследования промышленных предприятий

Сводка
материалов обследования промышленного предприятия

Наименование _____, город _____, министерство _____

адрес _____

Показатель	Отчет	План
	19..19..19..19..	19..19..
Продукция, (ед.), тыс. руб.		
. . . . .	. . . . .	. . . . .
. . . . .	. . . . .	. . . . .
Производственная площадь, м2		
Численность производственного персонала		
Израсходовано электроэнергии, кВт·ч		
Максимальная нагрузка, кВт:		
по договору		
зафиксированная		
Режим работы:		
сезонность		
сменность		
Годовой фонд рабочего времени		
Максимальная нагрузка, %:		
первая смена (08–16 ч)		
вторая смена (16–24 ч)		
третья смена (00–08 ч)		
То же, по сезонам:		
зима		
весна		
лето		
осень		
Характер производства:		
индустриальное (И)		
мелкосерийное (МС)		
крупносерийное (КС)		
автоматизированное (А)		
Система теплоснабжения:		
локальная (л)		
централизованная (ц)		
Система водоснабжения:		
локальная (л)		
централизованная (ц)		
Сведения об электроприемниках: число и мощность, кВт		
В том числе:		
электродвигатели:		
0,38 кВ		
6/10 кВ		

Продолжение прил. 13

Показатель	Отчет	План
	19..19..19..19..	19..19..
электропечи или другое электротермическое оборудование		
электросварочные аппараты		
освещение		
мощность наибольшего электродвигателя, кВт:		
0,38 кВ		
6 (10) кВ		
Число и мощность, квар, батарей конденсаторов:		
0,38 кВ		
6 (10) кВ		

Приложение 14

Значения коэффициентов максимума $K_м$ для различных коэффициентов использования $K_и$ в зависимости от эффективного (приведенного) числа приемников

$n_э$	$K_м$ при $K_и$									
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4	3,43	3,11	2,64	2,14	1,87	1,65	1,46	1,28	1,14	1,05
5	3,23	2,87	2,42	2,00	1,76	1,57	1,41	1,26	1,12	1,04
6	3,04	2,64	2,24	1,88	1,66	1,51	1,37	1,23	1,10	1,04
7	2,88	2,48	2,10	1,80	1,58	1,45	1,33	1,21	1,09	1,04
8	2,72	2,31	1,99	1,72	1,52	1,40	1,30	1,20	1,08	1,04
9	2,56	2,20	1,90	1,65	1,47	1,37	1,28	1,18	1,08	1,03
10	2,42	2,10	1,84	1,60	1,43	1,34	1,26	1,16	1,07	1,03
12	2,24	1,96	1,75	1,52	1,36	1,28	1,23	1,15	1,07	1,03
14	2,10	1,85	1,67	1,45	1,32	1,25	1,20	1,13	1,07	1,03
16	1,99	1,77	1,61	1,41	1,28	1,23	1,18	1,12	1,07	1,03
18	1,91	1,70	1,55	1,37	1,26	1,21	1,16	1,11	1,06	1,03
20	1,84	1,65	1,50	1,34	1,24	1,20	1,15	1,11	1,06	1,03
25	1,71	1,65	1,40	1,28	1,21	1,17	1,14	1,10	1,06	1,03
30	1,62	1,46	1,34	1,24	1,19	1,16	1,13	1,10	1,05	1,03
35	1,56	1,41	1,30	1,21	1,17	1,15	1,12	1,09	1,05	1,02
40	1,50	1,37	1,27	1,19	1,15	1,13	1,12	1,09	1,05	1,02
45	1,45	1,33	1,25	1,17	1,14	1,12	1,11	1,08	1,04	1,02
50	1,40	1,30	1,23	1,16	1,14	1,11	1,10	1,08	1,04	1,02
60	1,32	1,25	1,19	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,03	1,02
70	1,27	1,22	1,17	1,12	1,10	1,10	1,09	1,06	1,03	1,02
80	1,25	1,20	1,15	1,11	1,10	1,10	1,08	1,06	1,03	1,02
90	1,23	1,18	1,13	1,10	1,09	1,09	1,08	1,05	1,02	1,02
100	1,21	1,17	1,12	1,10	1,08	1,08	1,07	1,05	1,02	1,02
120	1,19	1,16	1,12	1,09	1,07	1,07	1,07	1,05	1,02	1,02
140	1,17	1,15	1,11	1,08	1,06	1,06	1,06	1,05	1,02	1,02
160	1,16	1,13	1,10	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,02	1,02
180	1,16	1,12	1,10	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,01
200	1,15	1,12	1,09	1,07	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,01

ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

1. **Указания** по проектированию электрооборудования жилых зданий (СН 297-64). 2-е изд. с изменениями. М., 1973.

2. **Указания** по проектированию городских электрических сетей (ВСН 22-75/Минэнерго СССР). М., 1976.

3. **Инструкция** по проектированию электрооборудования общественных зданий массового строительства (ВСН 19-74/Госгражданстрой). М., Стройиздат, 1975.

4. **Рекомендации** по определению расчетных электрических нагрузок поликлиник, аптек, больниц, сооружаемых в Москве (РМ-565). М., 1976.

5. **Инструкция** по проектированию наружного освещения городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов (ВСН 22-75/Госгражданстрой). М., 1976.

6. **Типовые** решения освещения улиц и дорог. М., Стройиздат, 1976.

7. **Рекомендации** по проектированию и типовые решения освещения микрорайонов. М., Стройиздат, 1978.

8. **Указания** по эксплуатации установок наружного освещения городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов. М., Стройиздат, 1978.

9. **Нормы** и *технические условия проектирования систем* электроснабжения трамваев и троллейбусов. М., 1972.

10. **Инструкция** по нормированию расхода электрической энергии трамвайным и троллейбусным транспортом. М., 1977.

11. **Инструкция** по учету расхода электроэнергии трамвайным и троллейбусным транспортом. М., 1977.

12. **СНиП II-35-76.** Котельные установки. М., Стройиздат. 1977.

13. **СНиП II-36-73.** Тепловые сети. М., Стройиздат, 1974.

14. **СНиП II-31-64.** Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. М., Стройиздат, 1978.

15. **СНиП II-32-74.** Канализация. Наружные сети и сооружения. М., Стройиздат, 1978.

16. **СНиП II-30-76.** Внутренний водопровод и канализация зданий. М., Стройиздат, 1978.

17. **Справочник** по электроснабжению *промышленных предприятий*/ Под ред. А.А. Федорова и Г.В. Сербиновского. Кн. 1. Проектно-расчетные сведения. М., Энергия, 1973.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие 3
1. Общая часть 4
Назначение и область применения 4
Основные понятия, обозначения и определения показателей и коэффициентов 4
2. Методические положения по определению электрических нагрузок 13
Экспериментальные исследования электрических нагрузок 13
Обработка результатов исследований электрических нагрузок 20
Получение исходной информации электрических нагрузок по эксплуатационным данным 25
3. Методические положения по определению электрических нагрузок городских потребителей 26
Нагрузки жилых и общественных зданий 26
Нагрузки наружного освещения 35
Нагрузки городского электротранспорта 37
Нагрузки систем теплоснабжения 39
Нагрузки систем городского водоснабжения и водоотведения 40
Нагрузки *промышленных предприятий, присоединенных к* городским электрическим сетям общего назначения 42
4. Методические положения по определению электрических нагрузок при комплексном электроснабжении 48
Приложение 1. Форма бланка для заполнения при расшифровке регистограмм 50
Приложение 2. Распределение нормированных отклонений в малой выборке 51
Приложение 3. Форма бланка для внесения результатов экспериментальных данных 52
Приложение 4. Формы бланков для расчета графиков электрических нагрузок и их характеристик 53
Приложение 5. Формы бланков для внесения результатов исследований электрических нагрузок жилых зданий 55
Приложение 6. Некоторые показатели для определения электрических нагрузок жилых зданий 59
Приложение 7. Формы бланков для внесения результатов обследования жилых и общественных зданий 60
Приложение 8. Годовое число часов использования расчетного максимума нагрузки 64
Приложение 9. Некоторые показатели для расчета электрических нагрузок гостиниц и административных зданий 65
Приложение 10. Нормативы расчета систем электроснабжения городского электротранспорта 66
Приложение 11. Предварительно-усредненные удельные расчетные электрические нагрузки котельных 68
Приложение 12. Опросный лист производственных управлений водопроводно-канализационного хозяйства городов 69
Приложение 13. Форма бланка для внесения результатов обследования промышленных предприятий 71
Приложение 14. Значения коэффициентов максимума $K_м$ для различных коэффициентов использования $K_и$ в зависимости от эффективного (приведенного) числа приемников 72
Перечень нормативных документов 73

МИНИСТЕРСТВО ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РСФСР

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ГОРОДСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Редакция литературы по жилищно-коммунальному хозяйству

Зав. редакцией *М.К. Склярова*
Редактор *Н.С. Куприянова*
Мл. редактор *Т.А. Морозова*
Внешнее оформление *Ю.И. Смурыгина*
Технический редактор *И.В. Берина*
Корректор *Н.П. Чугунова*

Подписано в печать 29.01.81 Т-01149 Формат 84x108/32
Набор машинописный Печать офсетная Бумага офсетная
80 г/м^2 Усл.печ.л. 3,70 Уч.-изд.л. 4,33 Тираж 10 000 экз.
Изд.№ ХП-8955 Зак. №180 Цена 25 коп.

Стройиздат, 101442, Москва, Каляевская 23а

Тульская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
г. Тула, проспект Ленина, 109

gost.e-ecolog.ru