

ГРАФИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
НАГРУЗОК, КОЭФФИЦИЕНТЫ ИХ
ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ,
ПАРАМЕТРЫ
ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ.

□ Электрическая нагрузка – это электрическая мощность $P(t)$ при равномерном потреблении электроэнергии W в течение времени t :

$$P=W/t$$

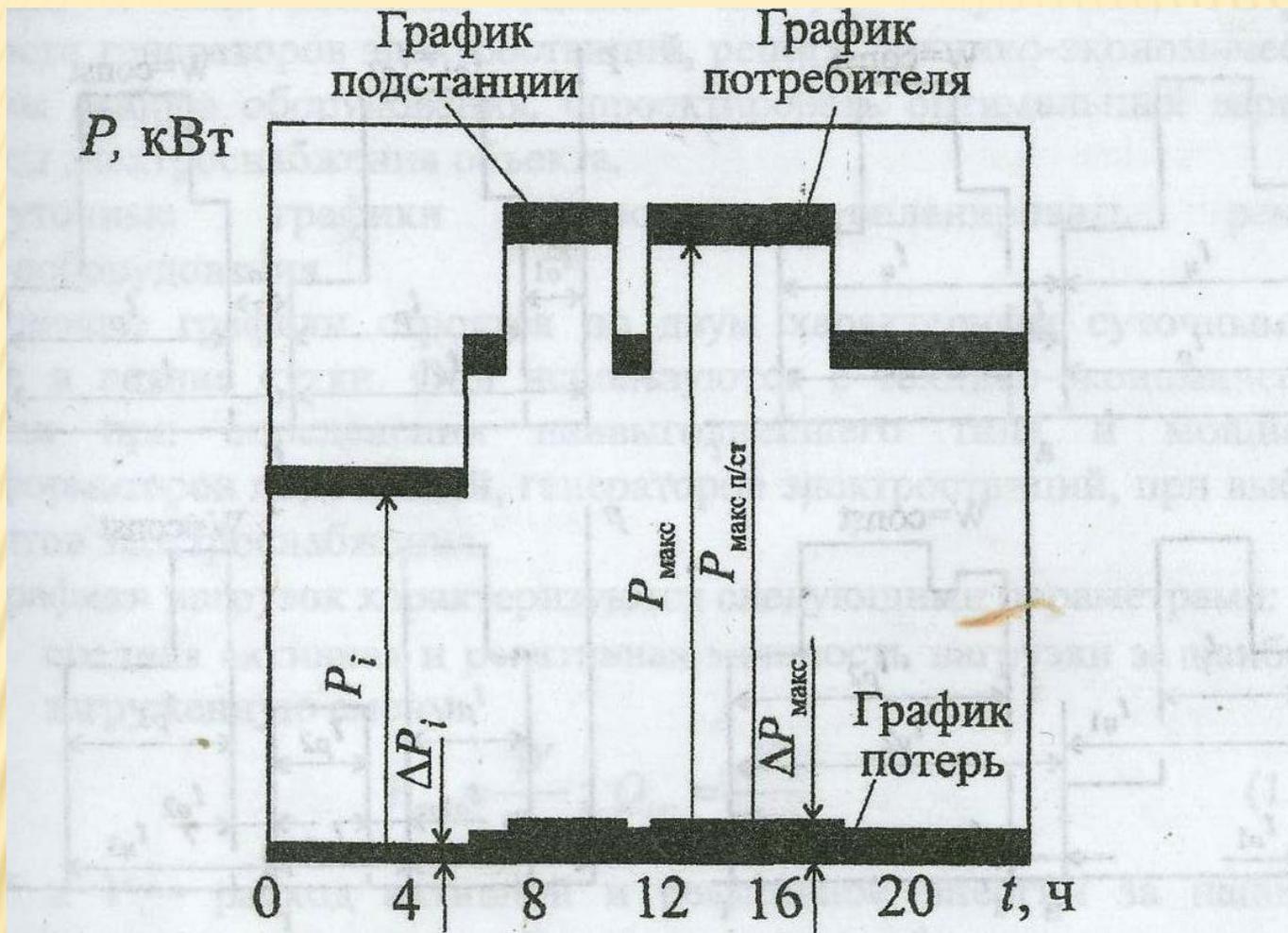
Для рационального проектирования необходимо знать изменение нагрузок в течение смены, суток, месяца, года.

График нагрузки – это кривая, показывающая изменение нагрузок за определенный промежуток времени.

□ Графики строятся и анализируются за базисное время, кратное длительности законченного технологического цикла.

□ Различают индивидуальные и групповые графики, графики активных и реактивных нагрузок.

□ По продолжительности графики нагрузки строятся суточными и годовыми. При построении таких графиков необходимо определить графики потребителей и учесть потери мощности в электрооборудовании и в сети. Предприятия каждой отрасли имеют свой характерный график нагрузки, определяемый технологическим процессом производства.



Суммарный суточный график нагрузки промышленного предприятия

ВИДЫ ГРАФИКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕГУЛЯРНОСТИ ТЕХ ПРОЦЕССА:

- - периодические;
- -циклический;
- -нециклические;
- -нерегулярные.

У периодических графиков, соответствующих поточному производству, время цикла строго постоянно:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{р}} + t_{\text{о}}$$

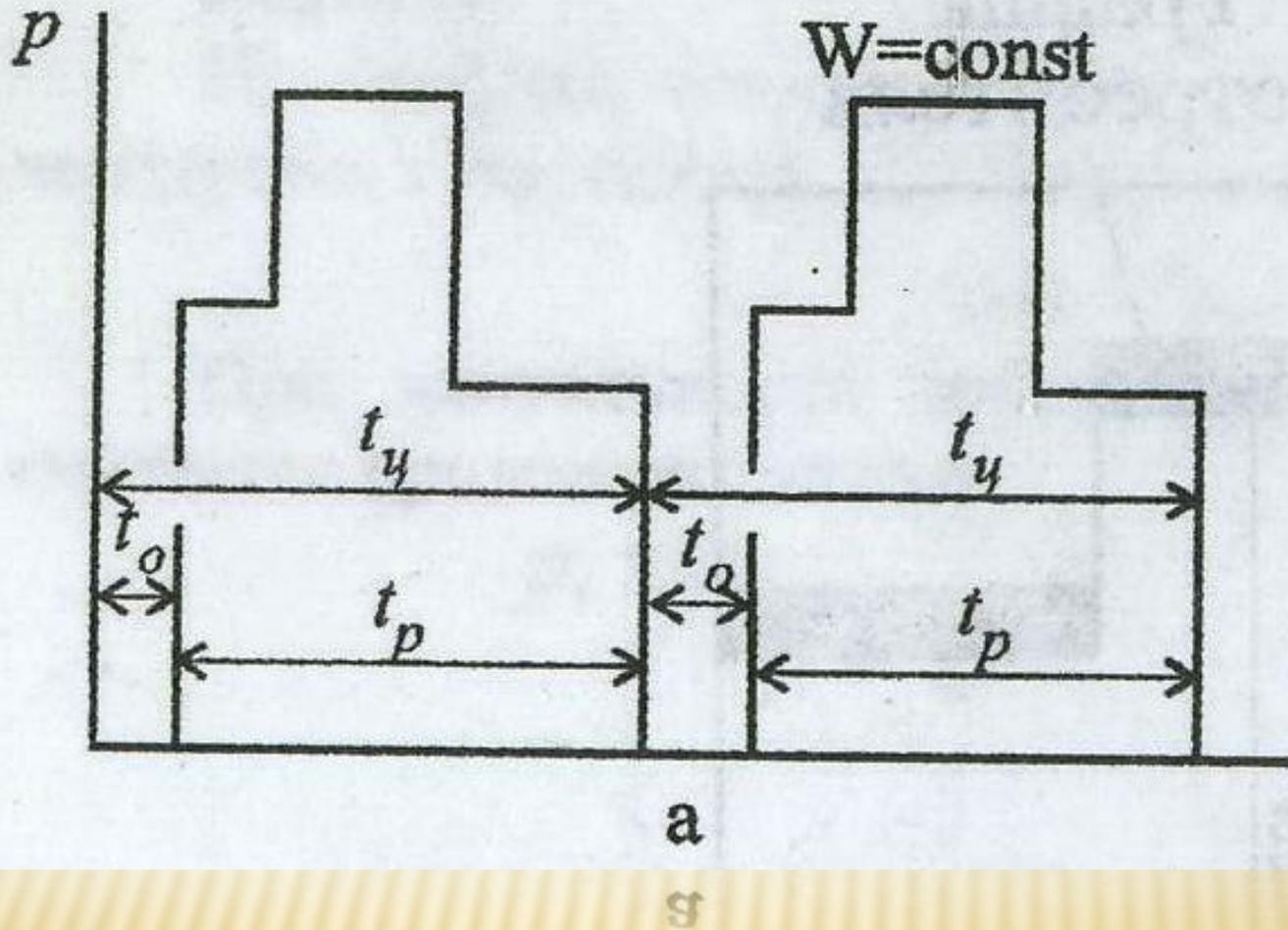


График периодических нагрузок

□ У циклических графиков, соответствующих непоточному производству, время остановок различно, но характер и продолжительность рабочих интервалов неизменны. За базисное время средняя продолжительность цикла составляет:

$$t_{ц\text{ ср}} = t_p + \sum t_{oi} / n,$$

где n - число циклов за базисное время;

t_{oi} - время остановки внутри циклов

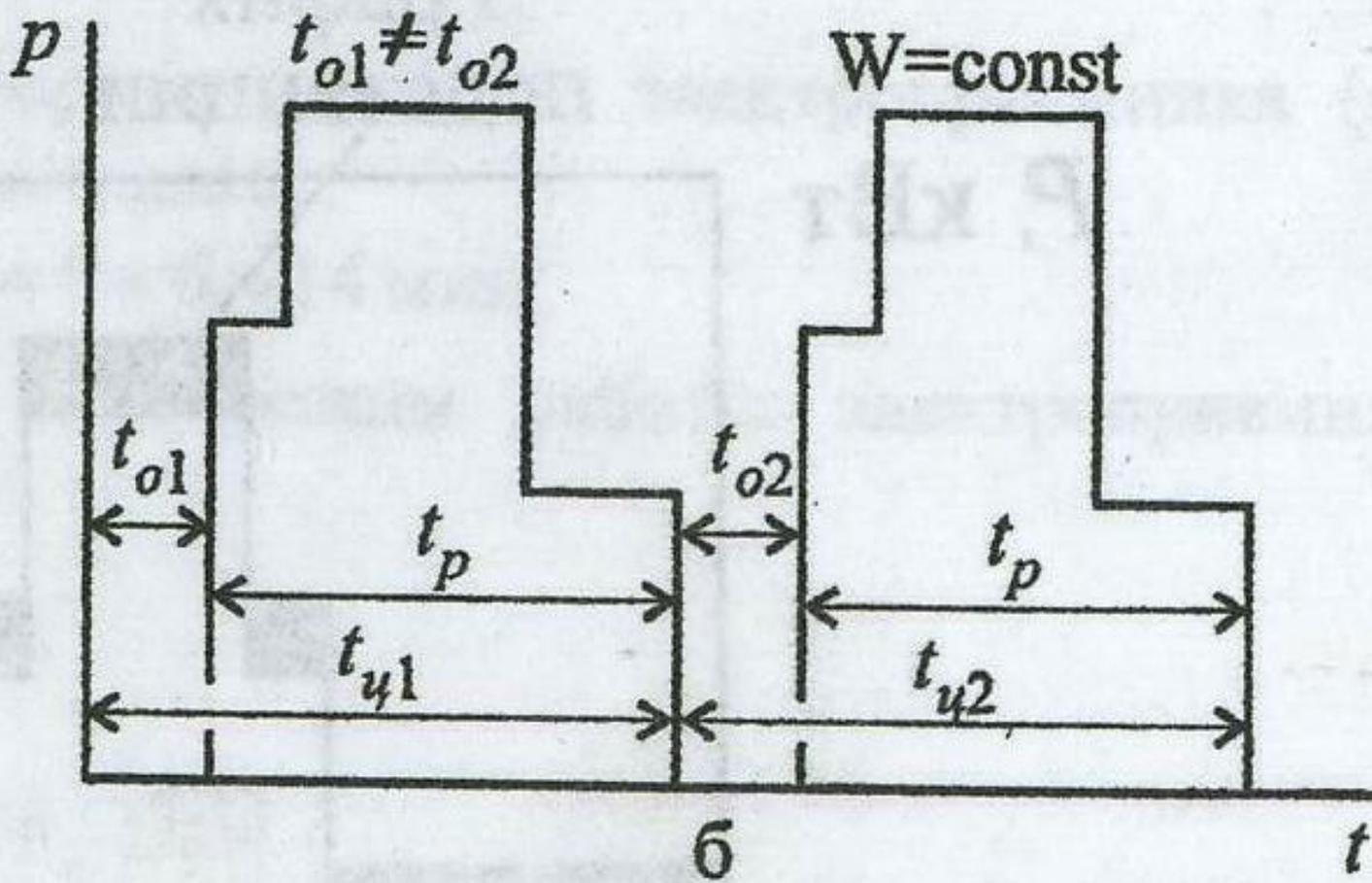
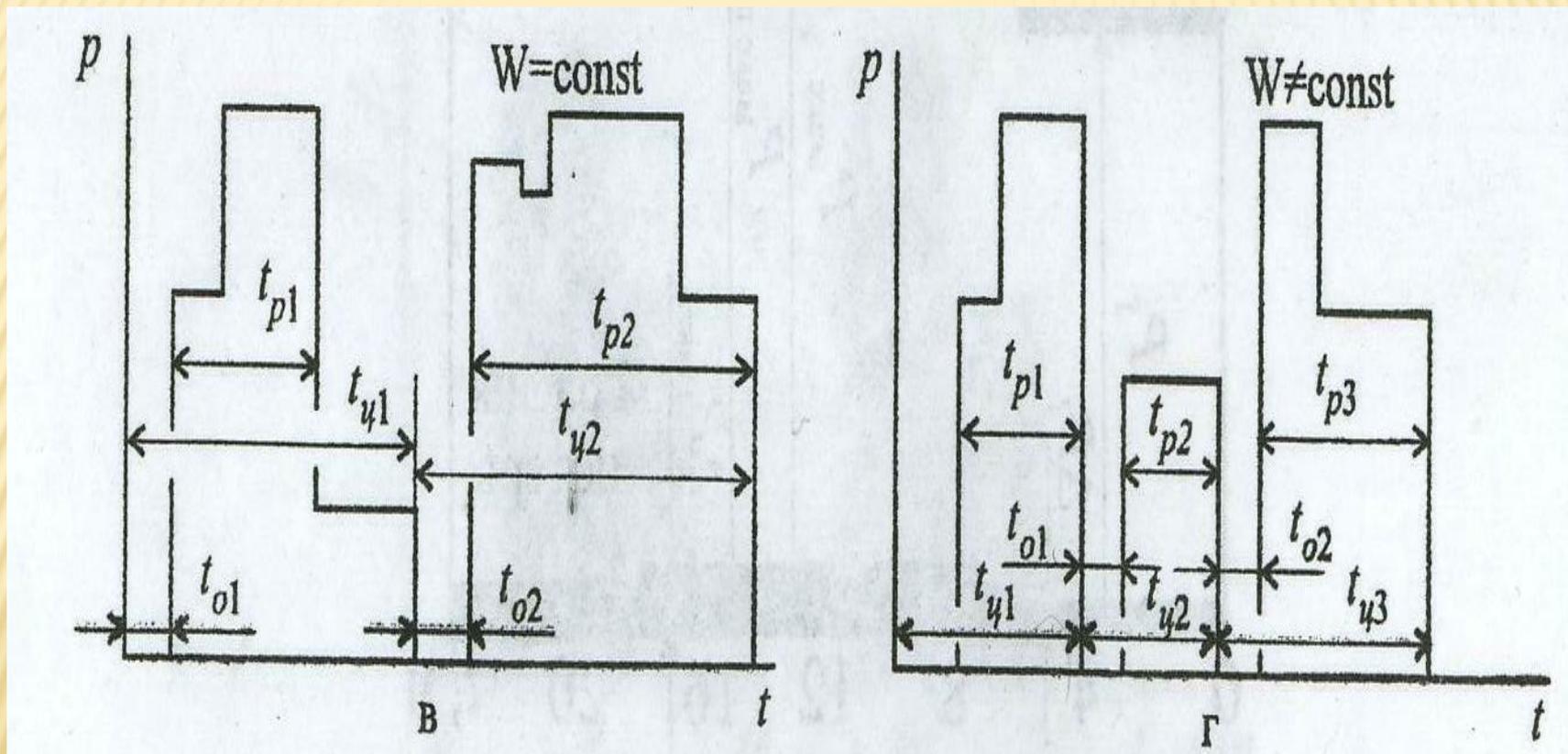


График циклических нагрузок

□ У нециклического и нерегулярного графиков циклов, рабочее время и время пауз различно. Для всех графиков, кроме нерегулярных, потребление электроэнергии за смену является величиной постоянной.



Графики «в» - нерегулярных и «г» – нециклических нагрузок.

ГРУППОВЫЕ ГРАФИКИ НАГРУЗОК

□ Групповые графики нагрузок определяются суммированием индивидуальных графиков нагрузок электроприемников, входящих в данную группу. По степени регулярности они подразделяются на:

- периодические;
- почти периодические;
- нерегулярные.

- Индивидуальные графики энергоемких ЭП с резкопеременной толчковой нагрузкой необходимы для выбора электрических сетей этих электроприемников, расчета отклонений и колебаний напряжения, выбора мероприятий по улучшению качества электроэнергии.
- Групповые графики используются для проектирования и оптимизации систем электроснабжения.

□ Суточные графики нагрузок могут строиться по показаниям счетчиков. Для этого фиксируются показания активной и реактивной энергии через определенный интервал времени (30 или 60 мин) и определяют среднюю мощность нагрузки за этот интервал. Анализ графиков позволяет определить величину сечений проводов и жил кабелей, оценить потери напряжения, выбрать мощности генераторов электростанций, решить технико-экономические вопросы выбора оборудования, спроектировать оптимальный вариант электроснабжения объекта.

- Суточные графики позволяют спланировать ремонт электрооборудования.
- Годовые графики строятся по двум характерным суточным: за летние и зимние сутки.
- Графики нагрузок характеризуются следующими параметрами:
- - средняя активная и реактивная мощность нагрузки за наиболее загруженную смену:

$$P_{\text{см}} = W/T_{\text{см}} \quad Q_{\text{см}} = V/T_{\text{см}},$$

□ где, W и V – расход активной и реактивной энергии за наиболее загруженную смену (наиболее загруженной является смена с максимальным расходом активной энергии);

$T_{см}$ – продолжительность смены.

- Среднесуточная мощность нагрузки (определяется аналогично, только за сутки);

- Максимальная нагрузка заданной продолжительности – наибольшая из всех средних значений за заданный промежуток времени;

□ Расчетная нагрузка по допустимому нагреву – такая длительная неизменная нагрузка элемента системы электроснабжения, которая эквивалентна ожидаемой изменяющейся нагрузке по тепловому воздействию (при переменном графике нагрузок принимаются максимальные нагрузки заданной продолжительности, а при мало изменяющемся – средняя нагрузка);

- среднеквадратичная нагрузка:

$$P_{\text{срк}} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}, \quad (1.12)$$

где P_1, P_2, \dots, P_n – средние нагрузки за интервалы времени между замерами;
 t_1, t_2, \dots, t_n – принятый интервал времени между замерами.

Аналогично определяются реактивная и полная нагрузки.

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

□ Расчет электрических нагрузок выполняется с целью правильного выбора сечений линий и распределительных устройств, коммутационных и защитных аппаратов, числа и мощности трансформаторов на разных уровнях системы электроснабжения. В зависимости от места определения расчетных нагрузок и необходимой точности расчет выполняется различными методами.

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

- метод упорядоченных диаграмм показателей графиков нагрузок (по средней мощности и коэффициенту максимума);
- по установленной мощности и коэффициенту спроса;
- по средней мощности и коэффициенту формы графика нагрузок;
- по удельной нагрузке на единицу производственной площади;

-
- - по удельному расходу электроэнергии на единицу продукции за определенный период.
 - Определение расчетной нагрузки по удельным показателям дополняет первые три метода и позволяет проверить полученные по ним результаты.

МЕТОД УПОРЯДОЧЕННЫХ ДИАГРАММ

□ Основной метод расчета электрических нагрузок. По нему определяются максимальные расчетные нагрузки группы электроприемников. Для этого в пределах расчетного узла выделяют группу ЭП с переменным (группа А) и группу ЭП с практически постоянным графиком нагрузок (группа Б).

□ К ЭП с практически постоянным графиком нагрузок могут быть отнесены такие, у которых

$$K_{и} \geq 0,6; \quad K_{вкл}=1$$

$K_{зап} \geq 0,9$ - коэффициент заполнения суточного графика за наиболее загруженную смену.

При отсутствии таких данных ЭП относят к ЭП с переменным графиком нагрузки.

Максимальные расчетные нагрузки группы приемников с переменным графиком нагрузки определяются из выражений:

$$P_M = K_M \cdot P_{см}; \quad Q_M = K'_M \cdot Q_{см}; \quad S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2}, \quad (1.13)$$

где P_M , Q_M , S_M – максимальные активная, реактивная и полная нагрузки;
 K_M – коэффициент максимума активной нагрузки (справочные данные, например [2]); K'_M – коэффициент максимума реактивной нагрузки: $K'_M = 1,1$ при $n_{эф} \leq 10$ и $K'_M = 1$ при $n_{эф} > 10$;

$P_{см}$, $Q_{см}$ – средняя активная и реактивная мощности всей группы электроприемников за наиболее загруженную смену:

$$P_{см} = \sum_{i=1}^n P_{см i} = \sum_{i=1}^n K_{ui} \cdot P_{ном i}; \quad Q_{см} = \sum_{i=1}^n P_{см i} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i, \quad (1.14)$$

где K_{ui} – коэффициент использования отдельного ЭП (справочные данные [1]);

$P_{ном}$ – номинальная мощность отдельного ЭП, приведенная к длительному режиму (резервные ЭП не учитываются);

$\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности (справочные данные [1]);

$K_M = f(K_u, n_{эф})$ – определяется по таблице или графикам [1, 2], может быть оценен по соотношению:

$$K_M = 1 + \frac{1,5}{\sqrt{n_{эф}}} \sqrt{\frac{1 - K_u}{K_u}}, \quad (1.15)$$

где $n_{эф}$ – эффективное число электроприемников;

K_u – средневзвешенный коэффициент использования группы ЭП:

$$K_u = \frac{P_{см}}{P_{ном}}, \quad (1.16)$$

где $P_{ном}$ – суммарная номинальная мощность ЭП всей группы.

$n_{\text{эф}} = f(n, m, K_w, P_{\text{ном}})$ может быть определено по соотношению:

$$n_{\text{эф}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{\text{ном } i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном } i}^2} = \frac{P_{\text{ном}}^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном } i}^2} \quad (1.17)$$

или одним из упрощенных способов,

где n – фактическое число электроприемников в группе;

m – показатель силовой сборки в группе:

$$m = \frac{P_{\text{см max}}}{P_{\text{ном min}}}, \quad (1.18)$$

где $P_{\text{ном max}}$, $P_{\text{ном min}}$ – номинальные приведенные к длительному режиму активные мощности наибольшего и наименьшего ЭП в группе.

□ Для электроприемников с практически постоянным графиком нагрузки максимальная расчетная нагрузка принимается равной средней мощности за наиболее загруженную смену.

$$P_M = P_{CM} \quad Q_M = Q_{CM}$$

Эффективным числом электроприемников называется такое число электроприемников однородных по режиму работы приемников одинаковой мощности, которое обуславливает ту же величину расчетной нагрузки, что и группа фактически различных по номинальной мощности и режиму работы приемников.

СПОСОБЫ УПРОЩЕННОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ

1. При четырех и более фактических ЭП в группе эффективное число приемников $n_{эф}$ считается равным фактическому n при $m \leq 3$ и любом $K_{и}$.

При определении $n_{эф}$ исключаются те наименьшие ЭП группы, суммарная номинальная мощность которых не превышает 5% суммарной номинальной мощности всей группы $P_{ном}$. При этом число исключенных ЭП не учитывается также и в величине n .

2. При $m > 3$ и $K_u \geq 0,2$ эффективное число электроприемников определяется по соотношению:

$$n_{эф} = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_{ном i}}{P_{ном max}}. \quad (1.19)$$

В тех случаях, когда найденное по этой формуле $n_{эф}$ оказывается больше, чем n фактическое, следует принимать $n_{эф} = n$.

□ При $m > 3$ и $K_i < 0,2$ эффективное число ЭП определяется с помощью кривых и таблиц.

1. Определить наибольший по номинальной мощности ЭП рассматриваемой группы;
2. Определить наиболее крупные ЭП, номинальная мощность которых равна или больше половины мощности наибольшего ЭП группы;
3. Определить число n_1 и суммарную номинальную мощность $P_{\text{ном}1}$ наибольших ЭП группы;

4. Определить число n и суммарную номинальную мощность $P_{\text{ном}}$ всех приемников группы;

5. Найти значения

$$n_{\text{ф}} = n_1/n \text{ и } P_{\text{ф}} = P_{\text{ном1}}/P_{\text{ном}};$$

5. По кривым или таблицам по найденным значениям $n_{\text{ф}}$ и $P_{\text{ф}}$ определить величину $n_{\text{эф}}$, а затем из выражения

$$n_{\text{эф ф}} = n_{\text{эф}}/n \quad \text{найти}$$

$$n_{\text{эф}} = n_{\text{эф ф}} n.$$

МЕТОД КОЭФФИЦИЕНТА СПРОСА

□ Данный метод находит применение для предварительных расчетов общезаводских нагрузок, нагрузок узлов с высокими значениями числа электроприемников и/или их коэффициента использования.

Расчет выполняется по следующим соотношениям:

$$P_{расч} = K_c \cdot P_{ном}; Q_{расч} = P_{расч} \cdot \operatorname{tg}\varphi; S_{расч} = \sqrt{P_{расч}^2 + Q_{расч}^2} = \frac{P_{расч}}{\cos\varphi}. \quad (1.20)$$

Величина K_c принимается постоянной вне зависимости от числа и мощности отдельных электроприемников (справочные данные). Коэффициент спроса может быть определен по коэффициенту использования $K_{и}$ для данной группы электроприемников при среднем значении коэффициента включения 0,8:

$K_{и}$	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
K_c	0,50	0,60	0,65–0,70	0,75–0,80	0,85–0,90	0,92–0,95

Расчетная нагрузка узла системы электроснабжения (цеха, корпуса, предприятия) определяется суммированием расчетных нагрузок отдельных групп ЭП, входящих в данный узел, с учетом коэффициента одновременности максимумов нагрузки $K_{р.м}$:

$$S_{расч} = K_{р.м} \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n P_{расч\ i}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n Q_{расч\ i}\right)^2}, \quad (1.21)$$

где $K_{р.м}$ – коэффициент одновременности максимумов нагрузок отдельных групп электроприемников, принимаемый по таблице 1.2;

$\left(\sum_{i=1}^n P_{расч\ i}\right)$, $\left(\sum_{i=1}^n Q_{расч\ i}\right)$ – сумма расчетных активных и реактивных нагрузок отдельных групп приемников, определенных по соотношению (1.20).

МЕТОД КОЭФФИЦИЕНТА ФОРМЫ

□ Данный метод рекомендуется для группы ЭП с резкопеременной нагрузкой, колеблющейся с большой частотой. Расчетная нагрузка таких ЭП близка к среднеквадратичной. Кроме этого, может применяться для определения нагрузок на шинах низшего напряжения цеховых ТП при равномерных графиках нагрузок.

Расчет выполняется по следующим соотношениям:

$$P_{расч} = K_{\phi} \cdot P_{см}; Q_{расч} = K'_{\phi} \cdot Q_{см} = P_{расч} \cdot \operatorname{tg}\varphi; S_{расч} = \sqrt{P_{расч}^2 + Q_{расч}^2}, \quad (1.23)$$

где K_{ϕ} , K'_{ϕ} – коэффициент формы соответственно графика активной и реактивной нагрузки, характеризует неравномерность графика во времени, определяется по выражениям таблице 1.2, в случае затруднения расчета – $K_{\phi} = 1,0 \div 1,3$.

МЕТОД УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЕДИНИЦУ ПРОДУКЦИИ

□ Данный метод применяется при заданном объеме выпуска продукции за определенный период времени. Наиболее эффективен для производства с непрерывным технологическим процессом. Может быть использован для предварительных и поверочных расчетов, при технико-экономическом обосновании намеченных вариантов систем электроснабжения. Расчет выполняется по следующим соотношениям:

$$P_{расч} = \frac{M_{см} \cdot W_{а уд}}{T_{см}}, \quad (1.25)$$

где $M_{см}$ – выпуск за смену единиц продукции;

$W_{а уд}$ – расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч/ед;

$T_{см}$ – продолжительность смены.

Если удельный расход $W_{а уд}$ известен в годовом объеме M , то

$$P_{расч} = \frac{M \cdot W_{а уд}}{T_{м}}, \quad (1.26)$$

где $T_{м}$ – число часов использования максимума нагрузки.