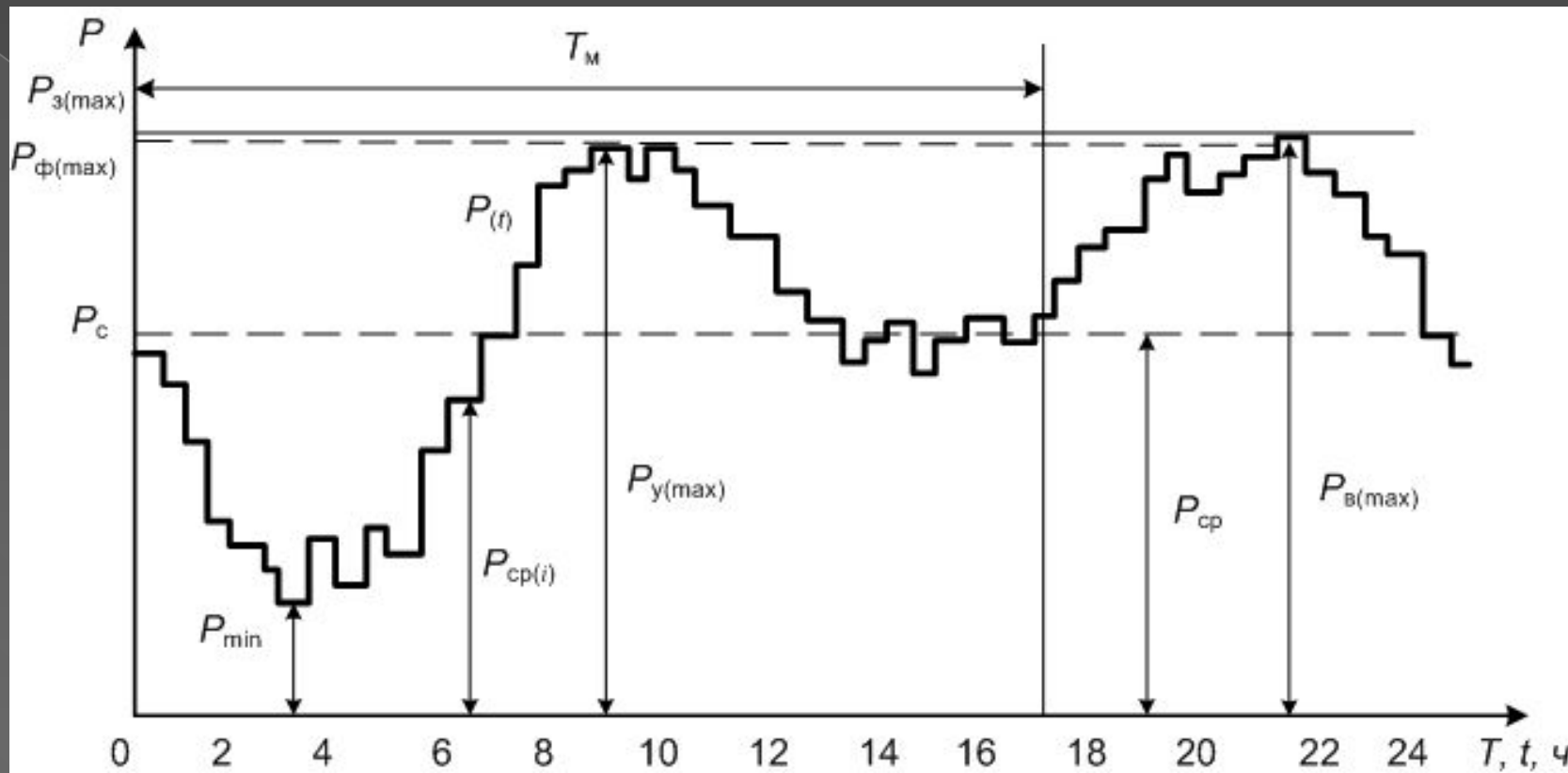


# Электроснабжение

## 2. Расчет нагрузок



### Суточный график электрических нагрузок:

$P_{c(i)}$  – одно из получасовых усреднений;

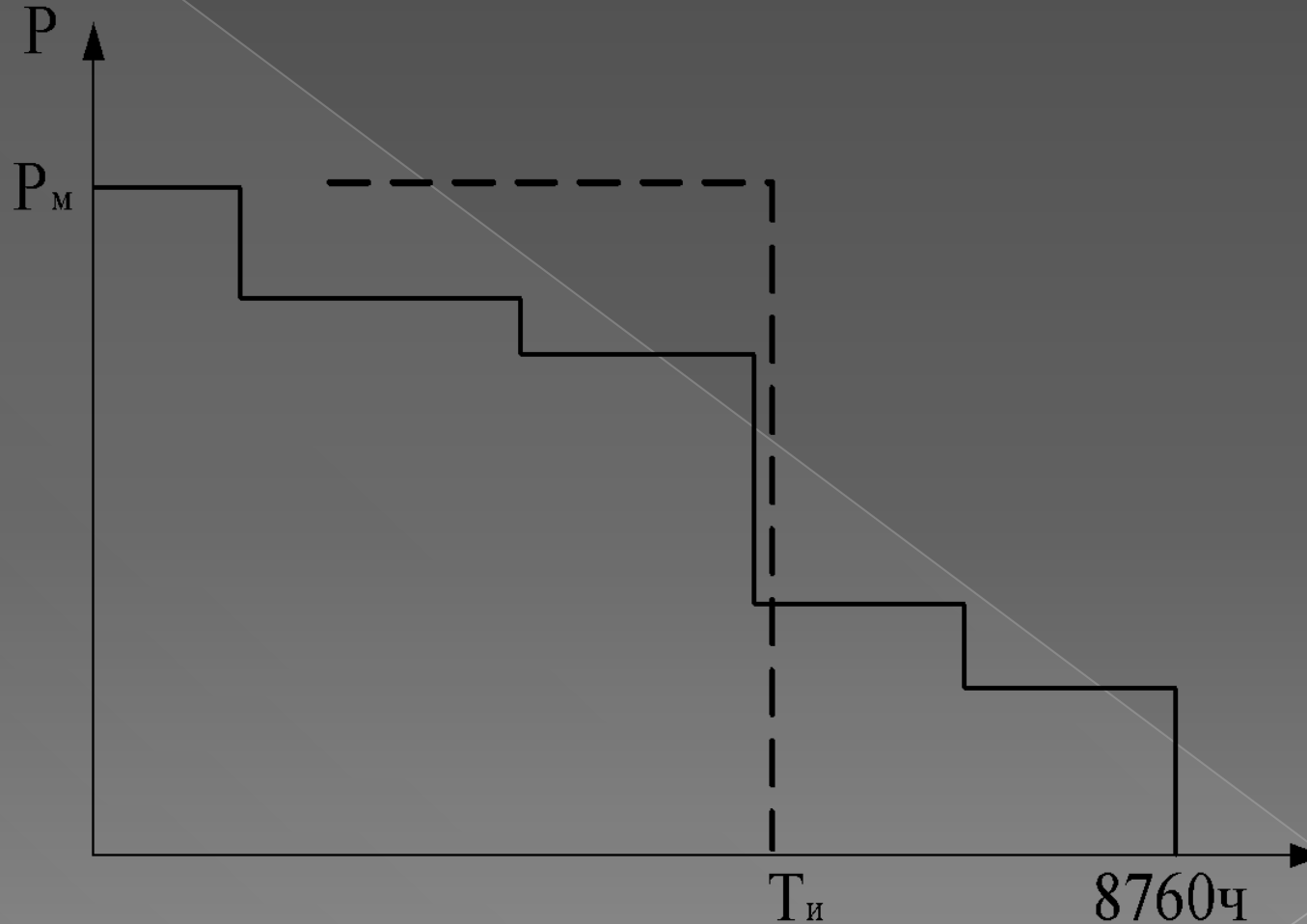
$P_{\max}$  – максимальная фактическая получасовая нагрузка за сутки

$P_{в(\max)}$  – максимальной нагрузке в вечерние часы прохождения максимума в энергосистеме (вечерний максимум);

$P_{у(\max)}$  – максимальная нагрузка в утренний максимум;

$P_{\min}$  – минимальная нагрузка;  $P_{ср}$  – среднесуточная нагрузка;

По суточным графикам активной мощности можно построить годовой график активной мощности по убыванию максимумов – годовую упорядоченную диаграмму нагрузок.



Номинальная (установленная) мощность электродвигателей длительного режима это паспортная мощность двигателя, обозначенная на заводской табличке или в паспорте. Эта мощность на валу двигателя, а та мощность, которую двигатель потребляет из сети называется присоединенной:

Для многодвигательных потребителей в качестве номинальной мощности берется сумма номинальных мощностей всех ЭД этого потребителя.

Для двигателей повторно кратковременного режима номинальная мощность приводится к длительному режиму (ПВ=100%)

- паспортная мощность
- время паузы
- время включения
- время цикла

ПВ – продолжительность включения

**Средняя мощность** - средняя нагрузка за наиболее загруженную смену.

$W_a$  - потребление электроэнергии за все время  $t$

**Среднеквадратичная мощность:**

если промежутки времени равны

, то

**Коэффициент формы графика** представляет собой отношение среднеквадратичной нагрузки ( $P_{ск}$ ) к средней ( $P_{ср}$ ) и характеризует неравномерность графиков нагрузки.

**Коэффициент активной мощности узла нагрузки ( $\cos \varphi$ )** есть отношение активной мощности ( $P$ ) к полной мощности ( $S$ ) данного узла.

**Коэффициент реактивной мощности узла нагрузки ( $\tg \varphi$ )** есть отношение реактивной мощности ( $Q$ ) к активной мощности ( $P$ ) данного узла.

**Коэффициент неравномерности графика нагрузки энергоустановки потребителя** – отношение минимального значения мощности графика нагрузки потребителя к максимальному за установленный интервал времени (ГОСТ 19431-84).

**Коэффициент максимума** ( $K_M$ ) по мощности есть отношение максимальной нагрузки за определенный промежуток времени к средней за тот же промежуток времени. Коэффициент максимума характерен для группового графика нагрузок.

**Коэффициент заполнения** графика нагрузки – отношение среднеарифметического значения нагрузки энергоустановки потребителя к максимальному за установленный интервал времени (ГОСТ 19431-84). Является величиной, обратной коэффициенту максимума.

**Коэффициент сменности по энергопотреблению** (коэффициент сменности) – отношение годового количества электрической энергии, потребляемой предприятием, к условному годовому потреблению. ГОСТ 19431-84. Под условным годовым потреблением понимают потребление при работе всех смен в режиме наиболее загруженной смены.

**Коэффициент одновременности (разновременности максимумов)** –

отношение совмещенного максимума нагрузки энергоустановок потребителей к сумме максимумов нагрузки этих же установок за тот же интервал времени (ГОСТ 19431-84).

**Коэффициент использования** активной мощности индивидуального ЭП ( $k_{и}$ ) или группы ЭП ( $K_{и}$ ) есть отношение среднего значения потребленной активной мощности индивидуальным ЭП или группой ЭП за наиболее загруженную смену к его (их) активной номинальной мощности.

**Коэффициент включения** индивидуального ЭП ( $k_{в}$ ) есть отношение времени работы электроприемника к времени цикла.

**Коэффициент загрузки** индивидуального ЭП ( $k_{з}$ ) есть отношение средней мощности за время включения к номинальной мощности электроприемника



**Расчетная активная  $P_p$  и реактивная  $Q_p$  мощность** - это мощность, соответствующая такой неизменной токовой нагрузке  $I_p$ , которая эквивалентна фактической изменяющейся во времени нагрузке по наибольшему возможному тепловому воздействию на элемент системы электроснабжения. Вероятность превышения фактической нагрузки над расчетной не более 0,05 на интервале осреднения, длительность которого принята равной трем постоянным времени нагрева элемента системы электроснабжения  $3T_o$ , через который передается ток нагрузки (кабеля, провода, шинпровода, трансформатора и т. д.).

Для одиночных ЭП расчетная мощность принимается равной номинальной, для одиночных ЭП повторно-кратковременного режима - равной номинальной, приведенной к длительному режиму.

**Коэффициент спроса** – это отношение потребляемой (в условиях эксплуатации) или расчетной (при проектировании) мощности к номинальной мощности группы ЭП. Коэффициент спроса применяется только для групповых графиков и при числе ЭП в группе  $n > 5$ . Коэффициент спроса позволяет определить потребленную нагрузку. Потребленная нагрузка является определяющей величиной при выборе элементов системы электроснабжения. Потребленные нагрузки называют также расчетными и они являются основными величинами при проектировании систем электроснабжения.

# Основные методы определения расчетных (ожидаемых) электрических нагрузок

Основные методы определения расчетных нагрузок:

1) По установленной мощности и коэффициенту спроса;

2) По средней мощности и отклонению расчетной нагрузки от средней (статистический метод);

3) По средней мощности и коэффициенту формы графика нагрузок;

4) По средней мощности и коэффициенту использования (метод упорядоченных диаграмм показателей графиков нагрузок);

Вспомогательные методы определения расчетных нагрузок:

1) По удельному расходу электроэнергии на единицу продукции;

2) По удельной нагрузке на единицу производственной площади.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ ПО УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТУ СПРОСА

$$P_p = K_{с, а} P_{ном};$$

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

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

Величина  $K_c$  может быть принята в зависимости от коэффициента использования  $K_{и}$  для данной группы приемников, для среднего коэффициента включения, равного 0,8:

$K_{с, а}$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$K_{и, а}$	0,5	0,6	0,65—0,7	0,75—0,8	0,85—0,9	0,92—0,95

Расчетная нагрузка узла системы электроснабжения (цеха, корпуса, предприятия) определяется суммированием расчетных нагрузок отдельных групп приемников, входящих в данный узел, с учетом коэффициента разновременности максимумов нагрузки:

$$S_p = \sqrt{\left(\sum_1^n P_p\right)^2 + \left(\sum_1^n Q_p\right)^2} K_{р, м},$$

$K_{р, м}$  — коэффициенты разновременности максимумов нагрузок отдельных групп приемников, принимаемый равным 0,85—1,0 в зависимости от места нахождения данного узла в системе электроснабжения предприятия.

**Достоинства** – Простота расчетов, основанная на опыте эксплуатации.

**Недостатки** – Метод не учитывает количество электроприемников.  $K_c$  могут применяться только для одной отрасли при усредненном режиме работы.

РД 39-0147323-803-89-Р «Указания по расчету и регулированию электрических нагрузок и потребления предприятий нефтяной промышленности», Главтюменнефтегаз, Гипротюменнефтегаз, 1989, 146 с.

заполняются на основании полученных от технологов и др. специалистов таблиц-заданий на проектирование электротехнической части

Заполняются согласно справочным материалам, приведенным в РД

Расчетные параметры

Наименование электроприемников	Мощность		Kc	Cosφ	tgφ	Составляющие расчетной мощности			Годовое число часов использования мощности	Годовой расход электроэнергии	
	Установленная, кВт	Рабочая, кВт				Pp, кВт	Qp, кВАр	Sp, кВА		Активная тыс. кВтч	Реактивная тыс. кВАрч
Итого											
	<i>КТПН</i>		<i>шт.</i>								
	<i>Максимальная загруженная КТПН</i>		<i>Кз.</i>								

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ ПО СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (МЕТОД УПОРЯДОЧЕННЫХ ДИАГРАММ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРАФИКОВ НАГРУЗОК)

Эффективное число электроприемников  $n_{\text{э}}$  - это такое число однородных по режиму работы электроприемников одинаковой мощности, которое обуславливает те же значения расчетной нагрузки, что и группа различных по мощности электроприемников. Величину  $n_{\text{э}}$  рекомендуется определять по следующему выражению:

Коэффициент расчетной мощности  $K_p$  - отношение расчетной активной мощности  $P_p$  к значению  $K_u P_n$  группы ЭП

$$K_p = P_p / K_u P_n$$

Коэффициент расчетной мощности зависит от эффективного числа электроприемников, средневзвешенного коэффициента использования, а также от постоянной времени нагрева сети, для которой рассчитываются электрические нагрузки:

- ❖  $T_o = 10$  мин - для сетей напряжением до 1 кВ, питающих распределительные шинопроводы, пункты, сборки, щиты;
- ❖  $T_o = 2,5$  ч - для магистральных шинопроводов и цеховых трансформаторов;
- ❖  $T_o \geq 30$  мин - для кабелей напряжением 6 кВ и выше, питающих цеховые трансформаторные подстанции и распределительные устройства. Расчетная мощность для этих элементов определяется при  $K_p = 1$ .

РТМ 36.18.32.4-92 «УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК», ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 1993.

На стадии рабочий проект расчеты электрических нагрузок рекомендуется выполнять в следующей последовательности.

- ✓ Выполняется расчет электрических нагрузок ЭП напряжением до 1 кВ в целом по корпусу (предприятию) и предварительно определяются количество и мощность цеховых трансформаторных подстанций и их месторасположение.
- ✓ Производится расчет электрических нагрузок питающих сетей напряжением до 1 кВ и на шинах каждой цеховой трансформаторной подстанции. Расчет ведется одновременно с построением питающей сети напряжением до 1 кВ. Целью расчетов является определение расчетных токов для выбора сечений проводников питающих сетей напряжением до 1 кВ и выбора защитных аппаратов.
- ✓ Выполняется расчет электрических нагрузок на напряжении 10 (6) кВ и выше на сборных шинах распределительных и главных понижающих подстанций.
- ✓ Определяется расчетная электрическая нагрузка предприятия в точке балансового разграничения с энергосистемой.
- ✓ Производится окончательный выбор числа и мощности трансформаторных подстанций с учетом устанавливаемых согласно РТМ 36.18.32.6-92 средств КРМ.

Все ЭП группируются по характерным категориям с одинаковыми  $K_u$  и  $\text{tg}\phi$ . В каждой строке указываются ЭП одинаковой мощности.

Резервные электроприемники, ремонтные сварочные трансформаторы и другие ремонтные электроприемники, а также электроприемники, работающие кратковременно (пожарные насосы, задвижки, вентили и т. п.), при подсчете расчетной мощности не учитываются (за исключением случаев, когда мощности пожарных насосов и других противоаварийных ЭП определяют выбор элементов сети электроснабжения). В графах 2 и 4 указываются данные только рабочих ЭП



Исходные данные				Расчетные величины			Эффективное число ЭП** $n_{\Sigma} = (\sum P_n)^2 / \sum n P_n^2$	Коэффициент расчетной нагрузки и $K_p$	Расчетная мощность			Расчетный ток, А $I_p = S_p / (\dots)$		
по заданию технологов		по справочным данным		$K_u$ $P_n$	$K_u P_n$ $\text{tg} \phi$	$n$ $P_n^2$			активная, кВт $P_p = K_p \sum K_u P_n$	реактивная, квар** $Q_p = 1,1 \sum K_u P_n \text{tg} \phi$ при $n_{\Sigma} \leq 10$ ; $Q_p = \sum K_u P_n \text{tg} \phi$ при $n_{\Sigma} > 10$	полная, кВ·А $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$			
Наименование ЭП	Количество ЭП, шт.* $n$	Номинальная (установленная) мощность, кВт*		коэффициент использования $K_u$	коэффициент реактивной мощности $\text{tg} \phi$									
		одного ЭП $P_n$	общая $P_n = n P_n$											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

$K_u P_n$     $K_u P_n \text{tg} \phi$     $n P_n^2$

Заполняются для групп ЭП (для каждой строки)

заполняются на основании полученных от технологов, сантехников и др. специалистов таблиц-заданий на проектирование электротехнической части

$\sum P_n$     $\sum K_u P_n$     $\sum K_u P_n \text{tg} \phi$     $\sum n P_n^2$

$K_u = \sum K_u P_n / \sum P_n$

Заполняются для итоговой строки

Заполняются согласно справочным материалам, в которых приведены значения коэффициентов использования и реактивной мощности для индивидуальных ЭП.

$K_p$     $P_p = K_p \sum K_u P_n$

$Q_p = \sum K_u P_n \text{tg} \phi$





Кривые  
коэффициента  
расчетных нагрузок  
 $K_p$  для различных  
коэффициентов  
использования  $K_u$  в  
зависимости от  $n_\varepsilon$  (для  
постоянной времени  
нагрева  
 $T_o = 10$  мин)

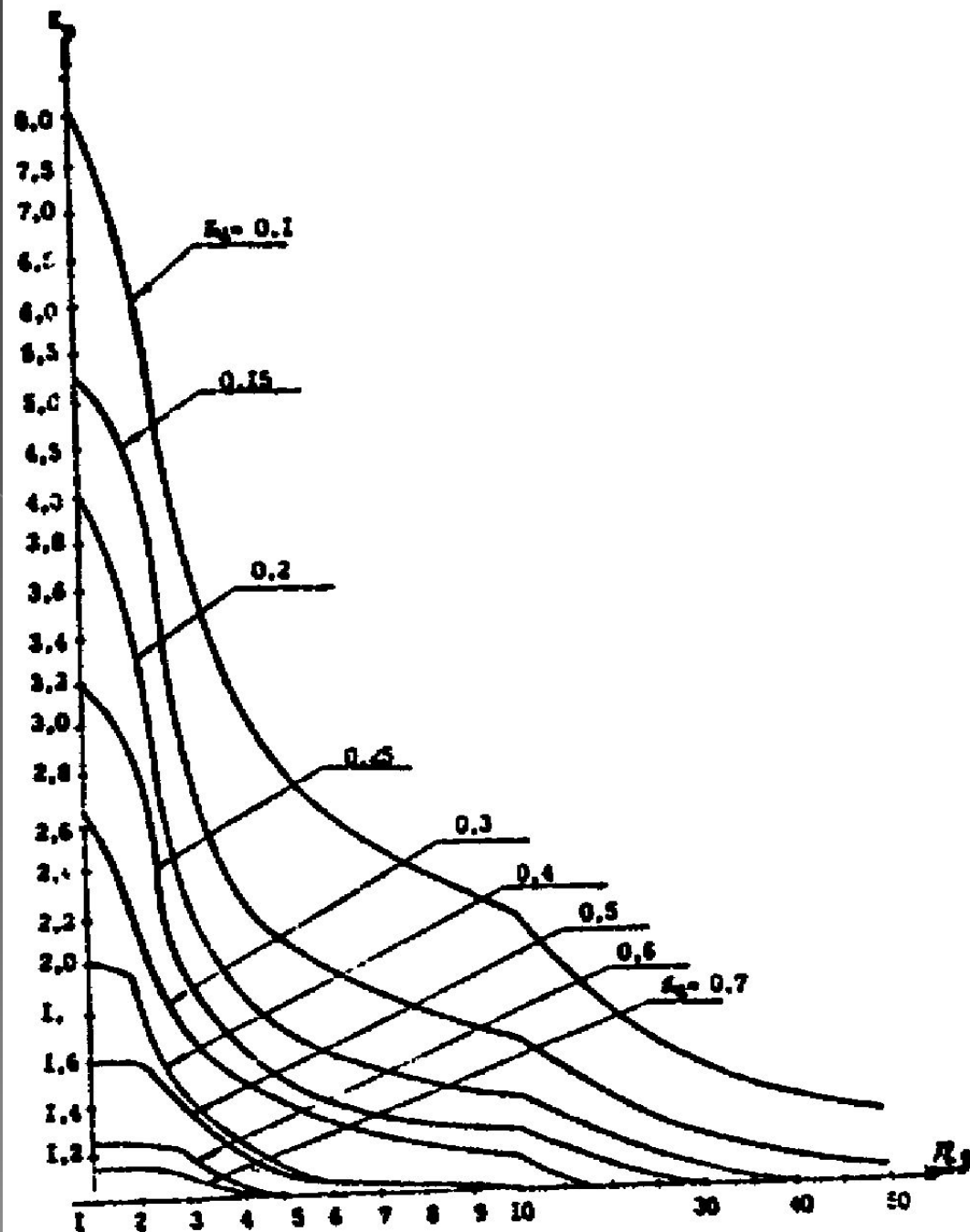


Таблица 2. Значения коэффициентов расчетной нагрузки  $K_p$  на шинах НН цеховых трансформаторов и для магистральных шинопроводов напряжением до 1 кВ

$n_3$	Коэффициент использования $K_u$							
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7 и более
1	8,00	5,33	4,00	2,67	2,00	1,60	1,33	1,14
2	5,01	3,44	2,69	1,9	1,52	1,24	1,11	1,0
3	2,94	2,17	1,8	1,42	1,23	1,14	1,08	1,0
4	2,28	1,73	1,46	1,19	1,06	1,04	1,0	0,97
5	1,31	1,12	1,02	1,0	0,98	0,96	0,94	0,93
6-8	1,2	1,0	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
9-10	1,1	0,97	0,91	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
10-25	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,9	0,9
25-50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,8	0,85	0,85
Более 50	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,75	0,8	0,8

Таблица 3. Значение коэффициента одновременности  $K_o$  для определения расчетной нагрузки на шинах 6 (10) кВ РП и ГПП

Средневзвешенный коэффициент использования	Число присоединений 6 (10) кВ на сборных шинах РП, ГПП			
	2-4	5-8	9-25	Более 25
$K_u < 0,3$	0,9	0,8	0,75	0,7
$0,3 \leq K_u < 0,5$	0,95	0,9	0,85	0,8
$0,5 \leq K_u \leq 0,8$	1,0	0,95	0,9	0,85
$K_u > 0,8$	1,0	1,0	0,95	0,9

**ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ, ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ**  
**ПОСОБИЕ К «УКАЗАНИЯМ ПО РАСЧЕТУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК»**  
(вторая редакция)  
МОСКВА 1993 г.

**ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ, ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ**  
**СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПО РАСЧЕТНЫМ КОЭФФИЦИЕНТАМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ**  
**НАГРУЗОК**  
(вторая редакция)  
МОСКВА 1990 г.

**УТВЕРЖДЕНЫ** Приказом Минтопэнерго России  
от «29» июня 1999г. № 213

**НОРМАТИВЫ**  
**ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЗДАНИЙ (КВАРТИР),**  
**КОТТЕДЖЕЙ, МИКРОРАЙОНОВ (КВАРТАЛОВ) ЗАСТРОЙКИ И ЭЛЕМЕНТОВ ГОРОДСКОЙ**  
**РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ**

**Ведомственные строительные нормы**  
**Электрооборудование жилых и общественных зданий**  
**Нормы проектирования ВСН 59-88**

**МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**  
**УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НЕФТЯНЫХ**  
**ПРОМЫСЛОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**  
**РД 39-3-626-81**  
Гипротюменьнефтегаз, 1982 г.

## Определение расчетных нагрузок

### по средней мощности и коэффициенту формы графика нагрузок

В основе этого метода лежит равенство расчетной и среднеквадратичной нагрузок. Для групп приемников с повторно-кратковременным режимом работы принятое допущение справедливо во всех случаях. Оно приемлемо также для групп приемников с длительным режимом работы, когда число приемников в группе достаточно велико и отсутствуют мощные приемники, способные изменить равномерный групповой график нагрузок.

Данный метод может применяться для определения расчетной нагрузки ЗУР-4УР. Расчетную нагрузку группы приемников определяют из выражения

$$\begin{aligned} P_p &= K_{\text{ф,а}} P_{\text{ср}} \\ Q_p &= K_{\text{ф,р}} Q_{\text{ср}} \end{aligned}$$

Значения  $K_{\text{ф}}$  достаточно стабильны для цехов и заводов с малоизменяющейся производительностью. Поэтому при проектировании можно пользоваться экспериментальными данными, полученными для аналогичных производств. Обычно коэффициент формы составляет 1-1,2. При этом наименьшие значения соответствуют высшим ступеням системы электроснабжения. Средние нагрузки за наиболее загруженную смену  $Q_{\text{ср}}$  и  $P_{\text{ср}}$  определяют любым из способов: по установленной мощности и коэффициенту использования; по удельному расходу электроэнергии на единицу выпускаемой продукции; в условиях эксплуатации - по показаниям счетчиков активной и реактивной энергии.

## Определение расчетных нагрузок по средней мощности и отклонению расчетной нагрузки от средней (статистический метод)

По этому методу расчетную нагрузку группы приемников определяют двумя интегральными показателями: средней нагрузкой  $P_{\text{ср},T}$  и среднеквадратичным отклонением  $\beta_{\text{ср},T}$  из уравнения

$$P_{p,T} = P_{\text{ср},T} \pm \beta \sigma_{\text{ср},T}$$

где  $\beta$  – принятая кратность меры рассеяния, а индекс  $T$  указывает на отношение величины к длительности интервала осреднения нагрузки.

Для группового графика средняя нагрузка при достаточно большом  $m$  равна

$$P_{\text{ср},T} = (p_1 + p_2 + \dots + p_m) / m$$

где  $m$  – число отрезков длительностью  $T = 3T_0$ , на которое разбит групповой график нагрузки, построенный для достаточно длительного периода времени.

Среднеквадратическое отклонение для группового графика нагрузок определяют по формуле

$$\sigma_{\text{ср},T} = \sqrt{(p_1 - P_{\text{ср},T})^2 + (p_2 - P_{\text{ср},T})^2 + \dots + (p_m - P_{\text{ср},T})^2} / m$$

Статистический метод позволяет определять расчетную нагрузку с любой принятой вероятностью ее появления. Применение этого метода целесообразно для определения нагрузок по отдельным группам и узлам приемников электроэнергии напряжением до 1 кВ (1УР-3УР).

## **Определение расчетных нагрузок по удельному расходу электроэнергии на единицу продукции или по удельной нагрузке на единицу производственной площади.**

Расчетная активная мощность цеха, предприятия в целом, выраженная через удельные показатели электропотребления, равна

где  $W_{уд}$  - удельный расход электроэнергии на единицу продукции;  $M$  - годовой выпуск продукции в натуральном выражении;  $P_{уд}$  - удельная плотность максимальной нагрузки на  $1 \text{ м}^2$  площади цеха, предприятия.