

## **ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЖИМОВ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

**А.П. КИСЛОВ, А.Н. БЕРГУЗИНОВ**

*Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова*

При описании электрических печей как объектов электроснабжения рассмотрим основные исходные понятия и определения.

Промышленное электротехнологическое оборудование традиционно подразделяется на электрические печи, электротехнологические устройства и электротермические агрегаты.

Электрические печи (электропечи) - это электротехнологическое оборудование, предназначенное для преобразования электрической энергии в тепловую и имеющее нагревательную камеру, в которую помещается нагреваемый продукт.

Электротехнологические устройства отличаются от электропечей отсутствием нагревательных камер.

Электротермические агрегаты представляют собой совокупность конструктивно связанных электропечей или электротехнологических устройств, обеспечивающих проведение комплексного технологического процесса.

Комплект электротехнологического оборудования с элементами сооружений, приспособлениями и коммуникациями (электрическими, транспортными, воздушными, водяными и др.), обеспечивающими его нормальное функционирование, называется электротехнологической установкой ЭТУ.

Электропечной установкой называют ЭТУ, в которой в качестве электротехнологического оборудования используется электропечь. В целях сокращения наряду с термином электропечь будем использовать в дальнейшем также термин «печь».

Как потребитель электроэнергии ЭТУ в общем случае представляет собой совокупность электроприемников, для характеристики которых используются общепринятые показатели: номинальная мощность, род тока, частота, номинальное напряжение, режим работы, категория обеспечения надежности электроснабжения.

За номинальную мощность ЭТУ, оборудованных индивидуальными трансформаторами (дуговые сталеплавильные печи, рудовосстановительные печи, печи электрошлакового переплава, отдельные виды индукционных печей и печей сопротивления), принимается номинальная мощность этих трансформаторов  $S_{ном}$ , кВ·А или МВ·А (для мощных установок).

За номинальную мощность печей сопротивления, индукционных печей, оснащенных конденсаторными устройствами, электронных и плазменных плавильных печей принимается активная мощность  $P_{\text{ном}}$ , кВт, которую может выделить нагревательная установка.

При совместном питании электроприемников основного (электротехнологического) оборудования и вспомогательных механизмов от одного источника за номинальную мощность ЭТУ принимается сумма номинальных мощностей всех ее электроприемников. В остальных случаях номинальные мощности основного оборудования и вспомогательных механизмов рассматриваются отдельно.

Паспортную мощность электроприемников повторно-кратковременного режима эксплуатации приводят к номинальной мощности длительного режима ( $PВ = 100\%$ ):

$$P_{\text{ном}} = P_{\text{пасп}} \sqrt{PВ_{\text{пасп}}}; S_{\text{ном}} = S_{\text{пасп}} \sqrt{PВ_{\text{пасп}}} \quad (1.1)$$

где  $P_{\text{пасп}}$ ,  $S_{\text{пасп}}$ ,  $PВ_{\text{пасп}}$  - паспортные данные о мощности и относительной продолжительности включения электроприемника.

Групповая номинальная мощность ЭТУ равна сумме номинальных мощностей отдельных установок.

Электротехнологические установки в подавляющем большинстве случаев работают на переменном трехфазном или однофазном токе промышленной частоты 50 Гц. При этом дуговые сталеплавильные печи (ДСП) и руднотермические печи (РТП) являются, как правило, установками трехфазного тока, а дуговые печи косвенного нагрева установками однофазного тока. Индукционные печи (ИП), печи сопротивления (ПС) и печи электрошлакового переплава (ЭШП) выполняются как трехфазными, так и однофазными.

Повышенные частоты используются в некоторых видах индукционных печей и в индукционных установках сквозного и поверхностного нагрева. Переменный ток пониженной частоты (менее 50 Гц) для питания электротехнологического оборудования к настоящему времени не получил большого распространения.

Потребителями постоянного тока в электротехнологии являются дуговые вакуумные печи (ВДП), электронно-лучевые (ЭЛУ), плазменно-дуговые установки (ПДУ) и дуговые сталеплавильные печи постоянного тока (ДСП ПТ).

Для получения переменного тока повышенной частоты и постоянного тока применяются тиристорные преобразователи, силовые выпрямители и параметрические источники питания. С точки зрения электроснабжения указанные установки являются приемниками переменного (в основном трехфазного) тока промышленной частоты.

Рабочие напряжения электропечей во многих случаях не согласуются с номинальными напряжениями питающих сетей. Для согласования этих напряжений, а также для получения возможности регулирования мощности нагрева электропечи оборудуются специальными трансформаторами или автотрансформаторами.

В соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ) печными трансформаторами или автотрансформаторами должны быть оборудованы установки промышленной частоты с дуговыми печами прямого, косвенного и комбинированного действия вне зависимости от напряжения и мощности и установки с печами индукционными и сопротивления, работающие на напряжении, отличающемся от напряжения электрической сети общего назначения, или при единичной мощности печей: однофазных - 400 кВт и более, трехфазных - 1600 кВт и более.

Выпрямительные и преобразовательные установки, входящие в комплект оборудования ЭТУ, проектируются с учетом подключения их к цеховым или внутризаводским высоковольтным сетям.

Номинальные напряжения установок ДСП и РТП - 6, 10, 35, 110 и 150 кВ, установок ЭШП - 6, 10, 35 кВ, индукционных установок и печей сопротивления, оснащенных печными трансформаторами - 0,38; 6 и 10 кВ. При непосредственном присоединении к цеховым сетям печи сопротивления проектируются на напряжения 220, 380 и 660 В.

По режиму работы основное оборудование ЭТУ согласно действующей классификации разделяют на две группы: установки с продолжительным (длительным) режимом работы и установки с повторно-кратковременным режимом работы.

К первой группе относятся электроплавильные и нагревательные установки непрерывного и непрерывно-циклического действия с длительностью цикла, превышающей 10 мин, ко второй - нагревательные установки периодического действия с длительностью цикла, не превышающей 10 мин.

Электроприемники вспомогательных механизмов ЭТУ работают в длительном, повторно-кратковременном и кратковременном режимах.

В отношении обеспечения надежности электроснабжения ЭТУ относят к приемникам второй и третьей категории. Категорию электроприемников основного оборудования и вспомогательных механизмов, а также объем резервирования электрической части, определяют с учетом особенностей конструкции оборудования ЭТУ и предъявляемых действующими стандартными нормами и правилами требований к такому оборудованию, системам снабжения его водой, газами, сжатым воздухом, создания и поддержания в рабочих камерах давления или разрежения.

К третьей категории относят электроприемники ЭТУ цехов и участков несерийного производства - кузнечных штамповочных,

прессовых, механических, механо-сборочных и окрасочных цехов и участков - инструментальных, сварочных, сборного железобетона, деревообрабатывающих и деревообделочных, экспериментальных, ремонтных, а также лабораторий, испытательных станций, гаражей, депо, административных зданий.

Электропотребление ЭТУ в целом характеризуется графиком электрической нагрузки, режимом включения, производительностью, удельным расходом электроэнергии на единицу выпускаемой продукции и годовым фондом рабочего времени.

Большинство ЭТУ являются потребителями не только активной, но и реактивной мощности. Поэтому для характеристики режимов электропотребления этих ЭТУ используются графики активной и реактивной нагрузки  $P(t)$  и  $Q(t)$ :

$$S(t) = \sqrt{P^2(t) + Q^2(t)}. \quad (1.2)$$

Графики активной нагрузки самостоятельно используются только для характеристики режимов электропотребления печей сопротивления и других электротехнологических установок, имеющих высокий коэффициент мощности, а также при анализе режимов нагрева ЭТУ различного вида.

Графики нагрузки электротехнологических установок подразделяют на индивидуальные и групповые (суммарные), получаемые при питании нескольких ЭТУ от одного ввода (одного силового трансформатора).

Индивидуальные графики получают путем хронометража технологического процесса с записью изменения электрических параметров самопишущими приборами, а также счетчиками электроэнергии. Для получения графиков нагрузки плавильных печей также используются плавильные карты или карты электрического режима, заполняемые операторами на каждую плавку, а также распечатки с ЭВМ АСУ ТП.

Графики нагрузки печей сопротивления в ряде случаев получают с помощью суточных температурных диаграмм, фиксируемых автоматическими потенциометрами по отдельным зонам нагрева, и данных о значениях регулируемых и нерегулируемых мощностей зон нагрева.

Суммарные графики нагрузки получают путем сложения имеющихся индивидуальных графиков или с помощью счетчиков энергии и самопишущих приборов, установленных на вводе, питающем группу ЭТУ. Суммирование осуществляется графически или с помощью микропроцессорной техники.

Первый способ обеспечивает достаточную наглядность и возможность анализа влияния на формирование графика различных сочетаний электрических режимов работы ЭТУ. Второй способ дает большую производительность обработки и позволяет решать комплекс задач -

определение показателей индивидуальных графиков, суммирование графиков и определение показателей полученных суммарных графиков.

Изменения электрической нагрузки ЭТУ в большинстве случаев носят случайный характер. Случайными факторами, определяющими уровень нагрузки, являются изменения напряжения в сети, неоднородность загрузки (шихты, материалов, изделий), колебания температуры нагрева, неточность работы САР, различный профессионализм обслуживающего персонала и др. Поэтому полученные при экспериментальных измерениях графики нагрузки представляют собой реализации случайных процессов.

Для оценки графиков нагрузки используется система статистических показателей, основными из которых принимаются: среднее значение мощности нагрузки; коэффициент включения; коэффициент максимума; коэффициент вариации нагрузки; коэффициент формы графика; коэффициент использования номинальной мощности; коэффициент загрузки печного (для индивидуальных графиков) или силового (для групповых графиков) трансформатора; коэффициент мощности при совместном рассмотрении графиков активной и реактивной нагрузки.

При углубленном анализе определяется также закон распределения случайных значений нагрузки и корреляционная функция. Однако, при решении многих практических задач достаточным является знание лишь отдельных показателей графиков нагрузки, таких как средние мощности, коэффициенты включения, формы и максимума.

Для возможности использования микропроцессора и ввода в него информации графики нагрузки подвергаются квантованию с представлением их в виде дискретных последовательностей случайных чисел.

Необходимую длину реализации графика нагрузки  $T$  и шаг квантования  $\Delta t$  определяют с требуемой точностью вычисления статистических оценок. В соответствии со статистической теорией эти параметры определяют по формулам

$$T = 2 / (n_0 z_1^2); \Delta t_k = 2\sqrt{2}\eta_2 / (\pi n_0), \quad (1.3)$$

где  $T$  - длина реализации, мин;  $\Delta t_k$  - шаг квантования, мин;  $n_0$  - среднее число пересечений процессом  $P(t)$  или  $Q(t)$  линии его математического ожидания (средней мощности), 1/мин;  $\eta_1, \eta_2$  - максимальные относительные погрешности определения дисперсии и описания корреляционной функции; обычно принимается  $\eta_1, \eta_2 = 0,05 \dots 0,1$ .

Число случайных значений ординат (массив случайных значений), взятых для статистической обработки, определяют из выражения

$$\eta = T / \Delta t_k. \quad (1.4)$$

Длину реализации принято выбирать кратной суткам, так как сутки наиболее полно отражают общий ритм и цикл производства.

При статистической обработке в компьютер вводят массивы из  $n$  частных значений  $p$  и  $n$  частных значений  $q$ , полученных при дискретизации синхронно записанных индивидуальных графиков нагрузки  $p(t)$  и  $q(t)$ . Если в компьютер вводят массивы  $N$  индивидуальных графиков  $p(t)$  и  $q(t)$ , то с его помощью предварительно вычисляют массивы суммарных графиков нагрузки:

$$P_i = \sum_1^N p_i; \quad Q_i = \sum_1^N q_i; \quad S_i = \sqrt{P_i^2 + Q_i^2}, \quad (1.5)$$

где  $i$  - номера ступеней, полученных при дискретизации графика нагрузки;  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ;  $p_i$  - активная мощность  $i$ -той ступеньки графика нагрузки;  $q_i$  - реактивная мощность  $i$ -той ступеньки графика нагрузки.

Затем производят требуемую статистическую обработку индивидуальных и суммарных графиков нагрузки. Алгоритм расчета статистических показателей приведен в таблице 1.1.

Таблица. 1.1.

Алгоритм расчета статистических показателей графиков нагрузки электротехнологических установок.

Статистические показатели	Расчетные формулы
1	2
Число обрабатываемых значений	$n = T / \Delta t$
Средние мощности	$\bar{P} = \sum_i^n p_i / n$ ; $\bar{Q} = \sum_i^n q_i / n$ ; $\bar{S} = \sqrt{\bar{P}^2 + \bar{Q}^2}$
Коэффициент включения	$K_B = n_p / n$ ; $n_p$ – количество включений ( $P_i, Q_i, S_i > 0$ )
Максимальные значения	$P_{\max} = P_{i \max}$ ; $Q_{\max} = Q_{i \max}$ ; $S_{\max} = S_{i \max}$
30-минутные (получасовые) максимумы (определяются по методу скользящей средней)	$P_{\max(30)} = \left( \sum_i^l P_i / l \right)_{\max}$ ; $Q_{\max(30)} = \left( \sum_i^l Q_i / l \right)_{\max}$ ; $S_{\max(30)} = \left( \sum_i^l S_i / l \right)_{\max}$ ; $l = 30 / \Delta t$

Среднеквадратичные мощности	$P_{\text{н\acute{e}}} = \sqrt{\sum_i^n P_i^2 / n}; \quad Q_{\text{н\acute{e}}} = \sqrt{\sum_i^n Q_i^2 / n}; \quad S_{\text{н\acute{e}}} = \sqrt{P_{\text{н\acute{e}}}^2 + Q_{\text{н\acute{e}}}^2}$
Оценка дисперсий	$D_p^* = (P_{\text{ск}}^2 - \bar{P}^2) \frac{n}{n-1}; \quad D_Q^* = (Q_{\text{ск}}^2 - \bar{Q}^2) \frac{n}{n-1};$ $D_S^* = (S_{\text{ск}}^2 - \bar{S}^2) \frac{n}{n-1}$
Оценки среднеквадратичных отклонений	$\sigma_p^* = \sqrt{D_p^*}; \quad \sigma_Q^* = \sqrt{D_Q^*}; \quad \sigma_S^* = \sqrt{D_S^*}$
Коэффициент вариации нагрузки	$K_{\text{вP}} = \sigma_p^* / \bar{P}; \quad K_{\text{вQ}} = \sigma_Q^* / \bar{Q}; \quad K_{\text{вS}} = \sigma_S^* / \bar{S}$
Коэффициент формы графика нагрузки	$K_{\delta P} = P_{\text{н\acute{e}}} / \bar{P}; \quad K_{\delta Q} = Q_{\text{н\acute{e}}} / \bar{Q}; \quad K_{\delta S} = S_{\text{н\acute{e}}} / \bar{S}$
Коэффициент максимума	$K_{\text{maxP}} = P_{\text{max}} / \bar{P}; \quad K_{\text{maxQ}} = Q_{\text{max}} / \bar{Q}; \quad K_{\text{maxS}} = S_{\text{max}} / \bar{S}$
Коэффициент 30-минутного максимума	$K_{\text{max(30)P}} = P_{\text{max(30)}} / \bar{P}; \quad K_{\text{max(30)Q}} = Q_{\text{max(30)}} / \bar{Q};$ $K_{\text{max(30)S}} = S_{\text{max(30)}} / \bar{S}$
Коэффициент использования номинальной мощности	$K_{\epsilon P} = \bar{P} / P_i; \quad K_{\epsilon S} = \bar{S} / S_i$
Коэффициент загрузки трансформатора	$K_{\zeta} = K_{\epsilon S} / K_B = \bar{S} / (K_B S_i)$
Коэффициента мощности	$\cos \varphi = \bar{P} / \bar{S}$
Коэффициент реактивной мощности	$\text{tg } \varphi = \bar{Q} / \bar{P}$

При известных показателях графиков  $P(t)$  и  $Q(t)$  показатели графика  $S(t)$  получают без специальных исследований по формулам

$$\bar{S} = \sqrt{\bar{P}^2 + \bar{Q}^2}; \quad S_{\text{max}} \approx \sqrt{P_{\text{max}}^2 + Q_{\text{max}}^2}; \quad S_{\text{max(30)}} \approx \sqrt{P_{\text{max(30)}}^2 + Q_{\text{max(30)}}^2}; \quad (1.6)$$

$$K_{\delta S} = \sqrt{\frac{K_{\delta P}^2 + K_{\delta Q}^2 \text{tg}^2 \varphi}{1 + \text{tg}^2 \varphi}}; \quad K_{\text{вS}} = \sqrt{K_{\delta S}^2 - 1}, \quad (1.7)$$

где  $\text{tg } \varphi = \bar{Q} / \bar{P}$ . Знак  $\approx$  объясняется одновременностью максимума для  $P$  и  $Q$ .

На показатели суточных графиков электрической нагрузки ЭТУ большое влияние оказывает режим их включения. Электротехнологические установки эксплуатируются в одну, две, три смены; круглосуточная работа непрерывно от ремонта до ремонта, но с отключением в выходные и праздничные дни.

При работе ЭТУ с перерывами для правомерности использования приведенных выше формул перерывы из полученных реализаций графиков исключают. Полученные при этом статистические показатели графиков нагрузки характеризуют типичный период работы ЭТУ.

Показатели графиков нагрузки с учетом перерывов в работе ЭТУ получают путем пересчета по формулам:

среднее значение за весь период исследования

$$\bar{x} = \bar{x}_0 K_{\hat{a},\delta}; \quad (1.8)$$

коэффициент формы

$$K_{\delta} = K_{\delta,\delta} / K_{\hat{a},\delta}; \quad (1.9)$$

коэффициент максимума

$$K_{\max} = K_{\max p} / K_{в,р}; \quad (1.10)$$

коэффициент 30-минутного максимума

$$K_{\max(30)} = K_{\max(30)p} / K_{в,р}; \quad (1.11)$$

коэффициент вариации

$$K_v = \sqrt{\frac{K_{\delta,\delta}^2}{K_{\hat{a},\delta}^2} - 1}, \quad (1.12)$$

где под  $x$  принимают  $P, Q, S$ ;  $K_{в,р} = T_p / T$  – коэффициент включения ЭТУ в работу за период обследования;  $T_p$  – период работы;  $x_p, K_{ф,р}, K_{\max p}, K_{\max(30)p}$  – показатели, относящиеся к периоду работы ЭТУ;  $T = T_p + T_0$ ;  $T_0$  – период отключения ЭТУ.

Следующим показателем работы ЭТУ является ее производительность. Она определяется количеством продукции, производимой ЭТУ в единицу времени (час, сутки). При сравнительном анализе работы различных ЭТУ рассматривается часовая производительность

$$\Pi_{ч} = G / t, \quad (1.13)$$



где  $G$  – количество материалов, изделий, полученное или обработанное в ЭТУ, т, кг или единицы изделий;  $t$  – время, необходимое для получения или обработки данного количества материалов, изделий.

Производительность установки, дающей несколько видов продукции, рассматривается отдельно по каждому виду продукции. Средняя часовая производительность

$$\bar{I}_{\pm} = G_{\Sigma} / T_{\delta}, \quad (1.14)$$

где  $G_{\Sigma}$  – суммарный объем выпуска продукции за рассматриваемый период, т;  $T_p$  – фактическое число часов работы ЭТУ за рассматриваемый период.

Годовая производительность ЭТУ определяется по формуле

$$G_r = \bar{P}_q T_{p,r} K_{и,о}, \quad (1.15)$$

где  $G_r$  – годовая производительность, т/год;  $\bar{I}_{\pm}$  – средняя часовая производительность, т/ч;  $K_{и,о}$  – коэффициент использования оборудования, учитывающий технологические перерывы на переход с одного вида продукции на другой; если эти перерывы учтены при определении значения  $T_{p,r}$ , то коэффициент  $K_{и,о}$  принимается равным единице.

Важной практической задачей является определение годового фонда рабочего времени ЭТУ. В общем случае он равен разнице между режимным фондом времени и суммарной длительностью простоев ЭТУ за год:

$$T_{p,r} = T_{реж} - T_{п}. \quad (1.16)$$

Режимный фонд времени зависит от режима включения ЭТУ в работу. Наиболее характерными режимами являются: работа в три смены без выходных дней, в три смены с выходными днями, в две смены с выходными днями, в две и три смены с выходными днями.

Последний режим используется в ряде производств, на которых в целях улучшения условий труда ограничивают число ночных смен.

Наибольшим возможным временем использования ЭТУ в году является полный календарный фонд времени, ч,

$$T_r = n_r \cdot 24 = 365 \cdot 24 = 8760, \quad (1.17)$$

где  $n_r$  – число календарных дней в году, принимаемое равным 365.

Для предприятий, работающих без выходных дней,  $T_{\text{реж}} = T_{\text{г}}$ ; для остальных режимный фонд времени оказывается меньше календарного на время выходных и междуменных перерывов:

$$n_{\text{реж}} = n_{\text{г}} - n_{\text{вых}}, \quad (1.18)$$

где  $n_{\text{вых}}$  - число выходных и праздничных дней в году.

Режимный фонд времени в часах

$$T_{\text{реж}} = n_{\text{реж}} t_p(i), \quad (1.19)$$

где  $t_p(i)$  - число часов работы ЭТУ в сутки при трех-, двух- или односменном режиме ( $i = 3, 2, 1$ ).

Суммарная длительность простоев складывается из длительности холодных простоев (длительные плановые и аварийные ремонты и простои с полным охлаждением установки) и горячих простоев (кратковременные и аварийные ремонты и простои, профилактические осмотры):

$$T_{\text{п}} = T_{\text{п,х}} + T_{\text{п,гор}}. \quad (1.20)$$

При одно- и двухсменном режиме холодные простои снижают годовой фонд рабочего времени лишь на величину  $t_p(i)$  на каждые сутки простоя. Поэтому в приведенной формуле для указанных режимов берут:

$$T_{\text{п}} = T_{\text{п,х}} t_p(i)/24 + T_{\text{п,гор}}. \quad (1.21)$$

Электротехнологические установки относятся к числу технологических потребителей, как правило, с большим удельным потреблением электроэнергии. Разнообразие ЭТУ по принципу действия, конструктивному исполнению, номинальной мощности и назначению приводит к значительному различию их по удельному расходу электроэнергии на единицу выпускаемой продукции.

Удельный расход электроэнергии ЭТУ измеряют в киловатт-часах на тонну выпускаемой продукции и определяют из соотношения

$$e_{\text{т}} = W/G, \quad (1.22)$$

где  $e_{\text{т}}$  - удельный технологический расход электроэнергии ЭТУ, кВт·ч/т;  $W$  - потребление электроэнергии установкой за рассматриваемый период (смена, сутки, месяц, год или отдельное число плавов), кВт·ч;  $G$  - объем выпуска продукции за рассматриваемый период, т.

Фактический расход электроэнергии на производство единицы продукции называется удельным расходом, а плановый расход - нормой расхода.

В соответствии с разработанными Госэнергонадзором положениями нормирования электрической энергии осуществляется на всех уровнях хозяйственной деятельности. Нормированию подлежит расход электроэнергии на основные и вспомогательные производственно-эксплуатационные нужды - отопление, вентиляцию, освещение, водоснабжение и др., включая потери в сетях.

Основная задача нормирования - обеспечить применение в производстве технически и экономически обоснованных, прогрессивных норм расхода электроэнергии для осуществления режима ее экономии, рационального распределения и наиболее эффективного использования в электротехнологических процессах и установках.

При анализе удельных расходов электроэнергии и их нормировании, связанном с работой ЭТУ, используются индивидуальные и групповые, технологические и общепроизводственные нормы расхода.

Индивидуальные нормы расхода электроэнергии на производство единицы продукции устанавливают по типам ЭТУ или отдельно по каждой ЭТУ.

Групповые нормы расхода электроэнергии определяются на производство заданного объема одноименной продукции согласно традиционной сложившейся номенклатуре.

Технологическая норма расхода учитывает расход электроэнергии на основные и вспомогательные технологические процессы производства определенного вида продукции, на поддержание электротехнологических установок в горячем резерве, на их разогрев и пуск после текущих ремонтов и холодных простоев, а также потерь электроэнергии при работе основного и вспомогательного оборудования ЭТУ.

Общещеховые нормы включают в себя весь расход электроэнергии по технологическим нормам, установленным в цехе для ЭТУ, и все другие внутрицеховые расходы, затрачиваемые на осуществление основных и вспомогательных процессов и на вспомогательные нужды производства, включая освещение, вентиляцию, внутрицеховой транспорт, потери электроэнергии в цеховых сетях, трансформаторах и преобразователях, отнесенные на производство данной продукции.

В общем виде общещеховая норма определяется по формуле

$$e_{ц} = \frac{\sum_i^n e_{тi} G_i + W_{ц}}{G_{ц}}, \quad (1.23)$$

где  $e_{тi}$  - технологическая норма расхода электроэнергии  $i$ -той ЭТУ, кВтч/т;  $G_i$  - объем выпуска продукции за рассматриваемый период, т;  $n$  -

число ЭТУ, производивших данную продукцию;  $W_{ц}$  - все другие расходы электроэнергии, не включенные в технологические нормы, кВт·ч;  $G_{ц}$  - объем выпуска продукции цеха, т

$$G_0 = \sum_i^n G_i. \quad (1.24)$$

Общезаводская норма включает в себя весь расход электроэнергии по цеховым нормам и на общезаводские вспомогательные, технологические и подсобные нужды, включая освещение завода, его отопление, вентиляцию, общезаводской транспорт, потери электроэнергии в общезаводских сетях и другие общезаводские расходы, отнесенные к объему производства продукции. По периоду действия нормы расхода устанавливают на месяц, квартал и год.

При обследовании ЭТУ используются три метода разработки норм расхода электроэнергии: расчетно-аналитический, опытный и расчетно-статистический. Первый являлся основным, так как позволяет анализировать влияние отдельных составляющих расхода, использовать при нормировании научные методы и положительный опыт, учитывать технический уровень производства.

Применительно к ЭТУ расчетно-аналитические методы используются для определения технологических норм расхода на стадии проектирования электротехнологического оборудования. При проектировании и эксплуатации систем электропитания ЭТУ используются расчетно-статистические методы, при которых нормы расхода электроэнергии устанавливают на основе отчетно-статистических данных за ряд предшествующих лет о фактических удельных расходах электроэнергии и факторов, влияющих на их изменение.

Опытный метод позволяет определить степень достоверности как расчетно-аналитического, так и расчетно-статистического метода и является наиболее надежным. Однако он требует проведения дорогостоящих экспериментальных работ непосредственно на действующих электротехнологических установках в тяжелых производственных условиях «горячих» цехов.

### **Түйіндеме**

*Электр жабдықтау объектісі ретінде электротехнологиялық қондырғылар және негізгі түсініктер мен анықтамалар қарастырылған.*

### **Resume**

*Electroengineering plants have been considered as objects of power supply. The main initial concepts and definitions have been considered.*