

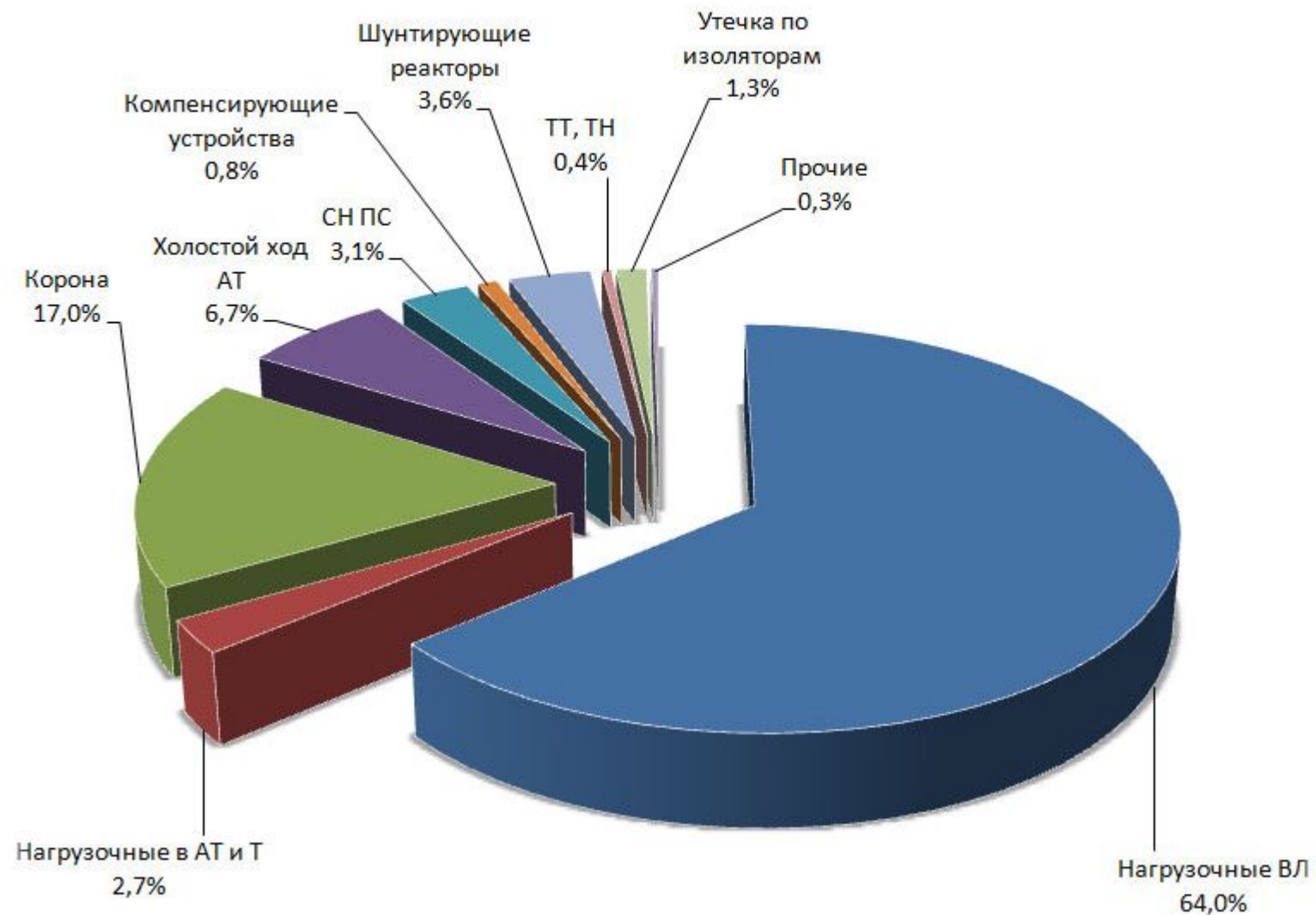
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ** возникают в связи с тем, что в процессе передачи электроэнергии определенная ее часть преобразуется в тепловую энергию. Также имеет место расход электроэнергии на обеспечение функционирования оборудования подстанций. Полностью устранить технологические потери невозможно. Их снижение достигается за счет совершенствования технологических процессов и модернизации энергетического оборудования. При этом необходимо отметить, что эти потери при передаче электроэнергии не относятся к прямым убыткам снабжающих предприятий. Они включаются в тарифы на электроэнергию.

**КОММЕРЧЕСКИЕ ПОТЕРИ** возникают в результате оборота электроэнергии как товара. При этом основная их часть связана с безучетным потреблением, что не позволяет предъявить оплату кому-либо из потребителей. Расчет потерь электроэнергии этого типа осуществляется путем вычитания технологических потерь из фактических потерь. При этом они никак не возмещаются и относятся на убыток энергопоставщика либо на законопослушных потребителей.

[Постановление Правительства РФ от 27.12.2004 N 861 \(ред. от 29.06.2020\)](#)



## Пример структуры потерь электроэнергии в сетевой компании



## Группа 1

### Снижение технических потерь

---

- Оптимизация мест размыкания линий 6 – 35 кВ с двухсторонним питанием
- Оптимизация установившихся режимов электрических сетей по активной и реактивной мощности
- Перевод генераторов электростанций в режим синхронных компенсаторов
- Уменьшение ограничения мощности
- Оптимизация распределения нагрузки между подстанциями основной сети 110 кВ и выше
- Оптимизация мест размыкания контуров электрических сетей с различным номинальным напряжением
- Оптимизация рабочих напряжений в центрах питания радиальных электрических сетей
- Отключение линий и трансформаторов в режимах малых нагрузок
- Отключение трансформаторов на подстанциях с сезонной нагрузкой
- Выравнивание нагрузок фаз в сетях 0,38 кВ
- Сокращение продолжительности ремонта основного оборудования
- Снижение расхода электроэнергии на собственные нужды подстанции
- Стимулирование потребителей к выравниванию графиков нагрузки
- Ввод в работу неиспользуемых средств АРН на трансформаторах с РПН
- Выполнение ремонтов под напряжением на ВЛ
- Установка и ввод в работу устройств компенсации реактивной мощности
- Увеличение рабочей мощности установленных в электрических сетях синхронных компенсаторов
- Замена перегруженных и ввод в работу устройств дополнительных силовых трансформаторов
- Замена недогруженных силовых трансформаторов
- Установка и ввод в работу устройств регулирования напряжения
- Оптимизация нагрузки электросетей за счет строительства
- Перевод электросетей на более высокое номинальное напряжение
- Разукрупнение распределительных линий 0,38 – 35 кВ

## Группа 3

### Снижение коммерческих потерь

---

- Выявление хищений электроэнергии в результате проведения рейдов
- Организация равномерного снятия показаний электросчетчиков строго в установленные сроки
- Установка отдельных счетчиков для потребителей, подключенных к ТСН
- Проведение проверок и обеспечение своевременности и правильности снятий показаний счетчиков на электростанциях и пс
- Установка отдельных электросчетчиков учета электроэнергии, расходуемой на собственные нужды подстанций
- Составление и анализ небалансов электроэнергии по подстанциям и электростанциям
- Контроль и анализ средней оплаты электроэнергии потребителям
- Установка на подстанциях с дежурным персоналом сигнализации о выходе из строя высоковольтных предохранителей ТН
- Устранение работы электросчетчиков в недопустимых условиях
- Установка дополнительных электросчетчиков
- Компенсация индуктивной нагрузки трансформаторов напряжения
- Проведение поверки и калибровки электросчетчиков с просроченными сроками
- Устранение недогрузки и перегрузки цепей тока и напряжения технического и коммерческого учета
- Пломбирование электросчетчиков и клеммных крышек

## Группа 2

### Снижение потерь, обусловленных допустимыми погрешностями приборов учета

---

- Установка электросчетчиков повышенных классов точности
- Ремонт электросчетчиков

## Группа 5

### Мероприятия по снижению коммерческих потерь и потерь, обусловленных допустимыми погрешностями учета

---

- Установка автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии
- Проведение проверок и обеспечение правильности работы электросчетчиков на межсистемных ВЛ и на генераторах электростанций
- Установка электросчетчиков коммерческого учета на границах ЭСО
- Инвентаризация электросчетчиков коммерческого учета
- Установка электросчетчиков потерь на линиях
- Выделение цепей учета электроэнергии на отдельные обмотки трансформаторов тока
- Замена устаревших счетчиков

## Группа 4

### Мероприятия по снижению коммерческих потерь и технических потерь

---

- Замена проводов на перегруженных линиях, в том числе с использованием самонесущего изолированного провода
- Замена ответвлений от ВЛ 0,38 кВ к зданиям

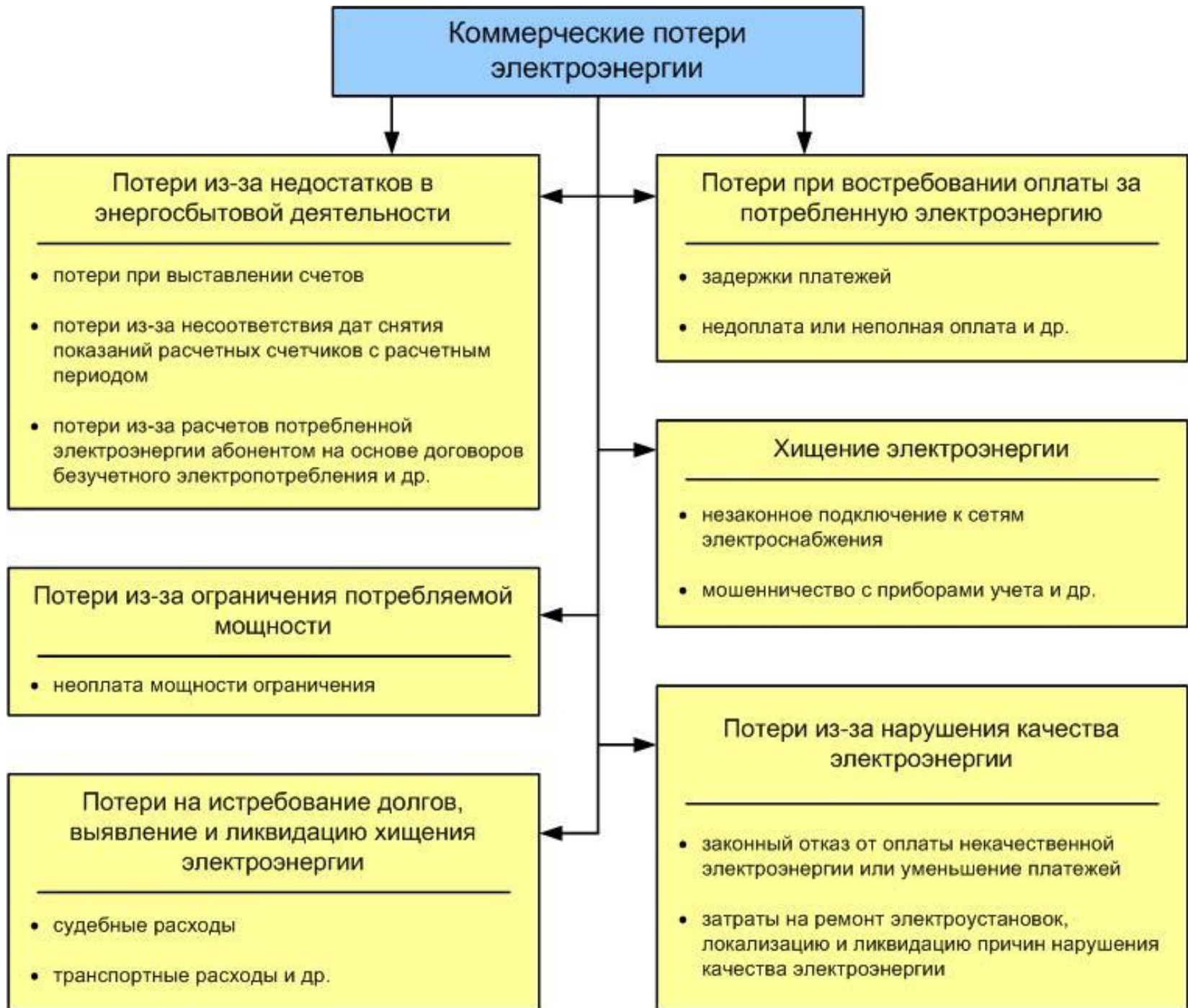
1) Технические потери – потери, возникающие в процессе передачи электроэнергии, в элементах электрической сети, вследствие происходящих в них физических процессов, необходимых для передачи электроэнергии. Состоят из потерь, которые меняются в зависимости от нагрузки электрической сети (нагрузочные), от состава включенного оборудования (условно-постоянные), от погодных условий.

2) Расход на собственные нужды подстанций – электроэнергия, потребляемая вспомогательным оборудованием, которое поддерживает работу основного оборудования процесса выработки, преобразования и распределения электрической энергии, а также расходуемая для поддержания нормальных условий жизнедеятельности обслуживающего персонала подстанций.

3) Потери электроэнергии, возникающие в связи с наличием погрешности при выполнении измерений, которая выражается как суммарный небаланс электроэнергии, зависящий от технических характеристик, режимов работы измерительных комплексов учета принятой и отпущенной электроэнергии.

## **Среди основных видов коммерческих потерь можно выделить следующие:**

- потери, связанные с погрешностями при учете (недостаточный класс точности, неисправности приборов учета, ошибки при снятии показаний или их умышленное искажение и т.д.);
- потери электроэнергии в электрических сетях, связанные с хищениями;
- потери при выставлении счетов, связанные с отсутствием точной информации о потребителях и действующих для них условий потребления энергии;
- потери при востребовании оплаты (долговременные долги, значительные разрывы во времени между выставлением счета и оплатой и т.д.).



1) отпуск электроэнергии в электрическую сеть электросетевого предприятия,  $W_{ос}$  – определяемый как разность объемов электроэнергии, поступившей в электрическую сеть,  $W_{пост}$ , и электроэнергии, отпущенной из сети,  $W_{отп}$ :

$$W_{ос} = W_{пост} - W_{отп}.$$

Объемы электроэнергии  $W_{пост}$  и  $W_{отп}$  определяются по показаниям счетчиков коммерческого учета электроэнергии, установленным в точках поставки электроэнергии (на границе балансовой принадлежности электрических сетей ЭСО). В случае отсутствия счетчиков электрической энергии в точке поставки электрическая энергия определяется расчетным путем – суммированием или вычитанием электроэнергии, зафиксированной системой коммерческого учета, расположенного в согласованной между заинтересованными сторонами точке учета, и технических потерь электроэнергии в оборудовании, расположенном между точкой поставки и точкой учета.



$$W_{\text{п}} = W_{\text{кcy}} \pm \Delta W_{\text{т}},$$

где  $W_{\text{п}}$  – электроэнергия в точке поставке;  $W_{\text{кcy}}$  – электроэнергия в точке коммерческого учета;  $W_{\text{т}}$  – технические потери электроэнергии в оборудовании, расположенном между точкой поставки и точкой учета

2) фактические (отчетные) абсолютные потери электроэнергии,  $W_{\text{ф}}$ , определяемые как разность объемов электроэнергии, поступившей в электрическую сеть, электроэнергии, отпущенной из сети, электроэнергии, потребленной энергопринимающими устройствами,  $W_{\text{п}}$ , и расходом электроэнергии на производственные (с учетом хозяйственных) нужды подстанции,  $W_{\text{пн}}$

$$\Delta W_{\text{ф}} = W_{\text{пост}} - W_{\text{отп}} - W_{\text{п}} - W_{\text{пн}},$$

3) фактические (отчетные) относительные потери электроэнергии,  $W_{\text{ф, \%}}$ , определяемые отношением их абсолютного значения к отпуску электроэнергии в электрическую сеть:

$$\Delta W_{\text{ф, \%}} = \frac{\Delta W_{\text{ф}}}{W_{\text{ос}}} \cdot 100\%;$$

4) технические потери электроэнергии в линиях и оборудовании электрической сети,  $W_t$ , обусловленные физическими процессами, происходящими при передаче электроэнергии в соответствии с техническими характеристиками и режимами работы линий и оборудования с учетом расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций. Технические потери определяются расчетным путем. Расход электроэнергии на собственные нужды подстанций являются структурной составляющей технических потерь и определяются по показаниям счетчиков. Технические потери электроэнергии равны сумме условно-постоянных,  $W_{уп}$ , и нагрузочных потерь,  $W_n$

$$\Delta W_t = \Delta W_{уп} + \Delta W_n;$$

5) переменные потери электроэнергии – зависящие от нагрузки потери электроэнергии в:

- воздушных и кабельных линиях 0,4-1150 кВ,  $W_n$  вл(кл);
- обмотках силовых трансформаторов и автотрансформаторов 6-1150 кВ,  $W_n$  т;
- токоограничивающих реакторах подстанций,  $W_n$  р;

$$\Delta W_n = \Delta W_{нвл(кл)} + \Delta W_{нт} + \Delta W_{нр};$$

б) условно-постоянные потери электроэнергии, практически не зависящие от нагрузки потери электроэнергии в следующих элементах:

- стали силовых трансформаторов и автотрансформаторов 6-1150 кВ,  $W_x$ ;
- на корону в воздушных линиях 110 кВ и выше,  $W_k$ ;
- от токов утечки по изоляторам воздушных линий 6(10) кВ и выше,  $W_{ту}$ ;
- шунтирующих реакторах,  $W_{шр}$ ;
- батареях статических конденсаторов,  $W_{бск}$ ;
- синхронных компенсаторах (СК),  $W_{ск}$ ;
- изоляции кабельных линий электропередач 6(10) кВ и выше,  $W_{из}$ ;
- измерительных трансформаторах тока, напряжения и счетчиках непосредственного включения,  $W_{тт}$ ,  $W_{тн}$ ,  $W_{сч}$ ;
- ограничителях перенапряжения,  $W_{опн}$ ;
- вентильных разрядниках,  $W_{рв}$ ;
- устройствах присоединения высокочастотной связи,  $W_{упвч}$ ;
- соединительных проводах и сборных шинах подстанций,  $W_{сппс}$ ;

7) коммерческие потери электроэнергии, определяемые как разница между фактическими потерями электроэнергии и технологическими потерями в оборудовании электрической сети

8) **фактический небаланс электроэнергии в электрической сети, отнесенный к поступлению электроэнергии в сеть, равен:**

$$\text{НБ}_\phi = (W_{\text{пост}} - W_{\text{отп}} - W_{\text{п}} - W_{\text{пн}} - \Delta W_{\text{т}}) / W_{\text{пост}} ; \quad (9)$$

9) **технологические потери (расход) электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям, определяемые как сумма технических потерь электроэнергии в оборудовании электрической сети ЭСО и потерь, вызванных погрешностью системы учета электроэнергии:**

$$\Delta W_{\text{тпз}} = \Delta W_{\text{т}} + \Delta W_{\text{погр}} ; \quad (10)$$

10) норматив технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям – значения технологических потерь, определяемые в процентах от величины отпуска электроэнергии в сеть ЭСО.

$$\Delta W_{\text{нтпз}, \%} = \frac{\Delta W_{\text{тпз}}}{W_{\text{ос}}} 100\%$$

$$\Delta W_x = \Delta P_x \sum_{i=1}^m T_{pi} \left( \frac{U_i}{U_{ном}} \right)^2, \quad \Delta W_{ск} = (0,4 + 0,1\beta_Q^2) \Delta P_{ном} \cdot T_p,$$

$\beta_Q$  - коэффициент максимальной нагрузки СК в расчетном периоде;  $\Delta P_{ном}$  - потери мощности в режиме номинальной загрузки СК в соответствии с паспортными данными.

$$\Delta W_{кy} = \Delta p_{кy} S_{кy} T_p$$

1) оперативных расчетов;

$$\Delta W = 3 \cdot \sum_{i=1}^n R_i \cdot \sum_{j=1}^m I_{ij}^2 \cdot \Delta t_{ij}, \quad (15)$$

где  $n$  - число элементов сети;  $\Delta t_{ij}$  - интервал времени, в течение которого токовую нагрузку  $I_{ij}$   $i$ -го элемента сети с сопротивлением  $R_i$  принимают неизменной;  $m$  - число интервалов времени.

2) расчетных суток; кл 1,02 (110 кВ и выше; 1 для 35 кВ и ниже)

$$\Delta W_{н.ж} = k_{п} k_{ф.м}^2 \Delta W_{сут} D_{экв.ж} \quad D_{экв.ж} = \sum_{i=1}^{N_j} W_{mi}^2 D_{mi} / W_{м.р}^2, \quad k_{ф.м}^2 = \sum_{i=1}^{D_m} W_i^2 / (W_{ср.сут}^2 D_m),$$

При отсутствии данных об отпуске электроэнергии в сеть за каждые сутки месяца коэффициент  $k_{ф.м}^2$  определяется по формуле

$$k_{ф.м}^2 = \frac{(D_p + k_w^2 D_{н.р}) D_m}{(D_p + k_w D_{н.р})^2}, \quad (19)$$

где  $D_p$ ,  $D_{н.р}$  - число рабочих и нерабочих дней в месяце ( $D_m = D_p + D_{н.р}$ );  $k_w$  - отношение значений энергии, потребляемой в средний нерабочий и средний рабочий дни  $k_w = W_{н.р} / W_p$ .

3) средних нагрузок;

$$\Delta W_{нj} = k_{п} k_{к} \Delta P_{ср} T_j k_{\phi}^2, \quad (20)$$

где  $\Delta P_{ср}$  - потери мощности в сети при средних за расчетный интервал нагрузках узлов;  $k_{\phi}^2$  - коэффициент формы графика суммарной нагрузки сети за расчетный интервал;  $k_{к}$  - коэффициент, учитывающий различие конфигураций графиков активной и реактивной нагрузки различных ветвей сети;  $T_j$  - продолжительность  $j$ -го расчетного интервала, ч.

Коэффициент формы графика суммарной нагрузки сети за расчетный интервал определяется по формуле

$$k_{\phi}^2 = \sum_{i=1}^m P_i^2 \Delta t_i / (P_{ср}^2 T), \quad (21)$$

где  $P_i$  - значение нагрузки на  $i$ -й ступени графика продолжительностью  $\Delta t_i$ , час;  $m$  - число ступеней графика на расчетном интервале;  $P_{ср}$  - средняя нагрузка сети за расчетный интервал.