



С

правочная  
книжка  
энергетика



# ОБЩАЯ ЧАСТЬ

## ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

### Важнейшие единицы Международной системы (СИ)

Величина	Единица измерения	Обозначение
<b>Основные единицы</b>		
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Сила эл. тока	ампер	А
Термодинамическая температура	Кельвина	К
Количество вещества	моль	моль
Сила света	кандела	кд

### Определения основных единиц

**Метр** — длина, равная  $1650763,73$  длин волн в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями  $2p_{10}$  и  $5d_5$  атома криптона-86.

**Килограмм** — масса, равная массе международного прототипа килограмма.

**Секунда** — время, равное  $9\,192\,631\,770$  периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

**Ампер** — сила неизменяющегося тока, который, проходя по двум параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого поперечного сечения, расположенным на расстоянии  $1$  м один от другого в вакууме, создал бы между этими проводниками силу, равную  $2 \cdot 10^{-7}$  Н на каждый метр длины.

**Кельвин** —  $1/273,16$  часть термодинамической температуры тройной точки воды.

**Моль** — количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько атомов содержится в нуклиде  $^{12}\text{C}$  массой  $0,012$  кг.

**Кандела** — сила света, излучаемого с поверхности площадью  $1/600\,000$  м<sup>2</sup> полного излучателя в перпендикулярном направлении, при температуре излучателя, равной температуре затвердевания платины при давлении  $101\,325$  Па.

Величина	Единица измерения	Обозначение
----------	-------------------	-------------

## Дополнительные единицы

Плоский угол	радиан (1 рад = 57° 17')	рад
Телесный угол	стерадиан	ср

## Производные единицы

## Единицы пространства и времени

Площадь	кв. метр	м <sup>2</sup>
Объем, вместимость	куб. метр	м <sup>3</sup>
Скорость	метр в секунду	м/с
Ускорение	метр на секунду в квадрате	м/с <sup>2</sup>
Частота	герц	Гц
Частота вращения	секунда в минус первой степени	с <sup>-1</sup>

*Секунда в минус первой степени* — частота равномерного вращения, при которой за время 1 с совершается один оборот тела.

Угловая частота	радиан в секунду	рад/с
Угловое ускорение	радиан на секунду в квадрате	рад/с <sup>2</sup>

## Механические единицы

Плотность	килограмм на куб. метр	кг/м <sup>3</sup>
Момент инерции (динамический момент инерции) $J$	килограмм-метр в квадрате	кг · м <sup>2</sup>
Маховой момент $GD^2 = 4gJ$ ; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$	ньютон-метр в квадрате	Н · м <sup>2</sup>
Сила, сила тяжести (вес)	ньютон	Н
Удельный вес	ньютон на куб. метр	Н/м <sup>3</sup>
Момент силы	ньютон · метр	Н · м
Давление (напряженное механическое)	паскаль	Па

*Паскаль* — давление, вызываемое силой 1 Н, равномерно распределенной по поверхности площадью 1 м<sup>2</sup>.

Работа (энергия)	джоуль	Дж
Мощность	ватт	Вт
Динамическая вязкость	паскаль-секунда	Па · с
Кинематическая вязкость	кв. метр на секунду	м <sup>2</sup> /с

## Электрические и магнитные единицы

Количество эл., эл. заряд	кулон	Кл
Эл. напряжение, разность эл. потенциалов, в. д. с.	вольт	В
Напряженность эл. поля	вольт на метр	В/м
Эл. емкость	фарада	Ф
Эл. сопротивление	ом	Ом
Удельное эл. сопротивление	ом-метр	Ом · м

Величина	Единица измерения	Обозначение
----------	-------------------	-------------

Эл. проводимость	сименс	См
Магнитный поток	вебер	Вб
Магнитная индукция	тесла	Т
Магнитодвижущая сила	ампер	А
Напряженность магн. поля	ампер на метр	А/м
Индуктивность	генри	Г
Активная мощность эл. цепи	ватт	Вт
Реактивная мощность эл. цепи	вар	вар
Полная мощность эл. цепи	вольт-ампер	В · А

## Тепловые единицы

Количество теплоты, термодинамический потенциал (внутренняя энергия, энтальпия)	джоуль	Дж
Удельное количество теплоты	джоуль на килограмм	Дж/кг
Теплоемкость системы	джоуль на кельвин	Дж/К
Энтропия системы	джоуль на кельвин	Дж/К
Удельная теплоемкость	джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг · К)
Удельная энтропия	джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг · К)
Тепловой поток	ватт	Вт
Поверхностная плотность теплового потока	ватт на кв. метр	Вт/м <sup>2</sup>
Коэффициент теплообмена (теплоотдачи)	ватт на кв. метр-кельвин	Вт/(м <sup>2</sup> · К)
Коэффициент теплопередачи		
Теплопроводность	ватт на метр-кельвин	Вт/(м · К)
Температуропроводность	кв. метр на секунду	м <sup>2</sup> /с
Температурный градиент	кельвин на метр	К/м

## Световые единицы

Световой поток	люмен	лм
Освещенность	люкс	лк
Яркость	кандела на кв. метр	кд/м <sup>2</sup>

## Единицы ионизирующих излучений

Энергия ионизирующего излучения	джоуль	Дж
Доза излучения (поглощенная доза излучения)	джоуль на килограмм	Дж/кг
Мощность дозы излучения (мощность поглощенной дозы излучения)	ватт на килограмм	Вт/кг

Величина	Единица измерения	Обозначение
Экспозиционная доза рентгеновского и гамма-излучений	кулон на килограмм	Кл/кг
Мощность экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучений	ампер на килограмм	А/кг
Активность нуклида в радиоактивном источнике (активность изотопа)	секунда в минус первой степени	$s^{-1}$ (распад/с)

## Магнитные единицы в системе СГС

Магнитный поток	максвелл, $1 \text{ Мкс} = 10^{-8} \text{ Вб}$
Магнитная индукция	гаусс, $1 \text{ Гс} = 10^{-4} \text{ Вб/м}^2 = 10^{-4} \text{ Т}$
Магнитодвижущая сила	гильберт, $1 \text{ Гб} = 10/4\pi \text{ А}$
Напряженность магнитного поля	эрстед, $1 \text{ Э} = 1/4\pi \cdot 10^8 \text{ А/м}$

## Единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

Масса: центнер, тонна.  
 Время: мин, ч, сут, нед., мес., год, век.  
 Термодинамическая температура Цельсия  $t$ : градус Цельсия,  $^{\circ}\text{C}$ ,  
 $t = T - 273,15 \text{ К}$  ( $T$  — температура по шкале Кельвина).  
 Площадь: гектар.  
 Объем, вместимость: литр.  
 Скорость: км/ч.  
 Частота вращения: об/с, об/мин.  
 Работа, энергия: кВт·ч.  
 Количество электричества: А·ч.  
 Логарифмическая величина (логарифм отношения двух одноименных физических величин):

$$\text{Бел (Б)} : \lg \left| \frac{P_1}{P_2} \right| = 1;$$

$P_{1,2}$  — одноименные энергетические величины (мощности, энергии, плотности энергии и т. п.);  
 децибел (дБ) = 0,1 Б — разность уровней двух мощностей, десятичный логарифм отношения которых равен 0,1;

$$\text{Непер (Нп)} : \frac{1}{2} \ln \left| \frac{P_1}{P_2} \right|$$

— разность уровней двух мощностей, натуральный логарифм отношения которых равен 2.  
 1 дБ = 0,115 Нп; 1 Нп = 8,7 дБ.

Масса: карат = 0,2 г.  
 Сила, сила тяжести (вес): 1 кгс = 9,81 Н, 1 гс =  $9,81 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$ , 1 тс =  $9,81 \cdot 10^3 \text{ Н}$ .  
 Давление: 1 кгс/см<sup>2</sup> =  $9,81 \cdot 10^4 \text{ Па}$ , 1 мм вод. ст. = 9,81 Па;  
 1 мм рт. ст. = 133,3 Па; 1 бар =  $10^5 \text{ Па}$ ; 1 кгс/мм<sup>2</sup> =  $9,81 \cdot 10^6 \text{ Па}$ .  
 Работа, энергия: кгс·м; электромагнитная энергия: Вт·ч.  
 Мощность: кгс·м/с, л. с.  
 Удельное эл. сопротивление: Ом·мм<sup>2</sup>/м ( $10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ).  
 Количество теплоты, термодинамический потенциал: кал, ккал.  
 Удельное количество теплоты, удельный термодинамический потенциал: кал/г, ккал/кг.  
 Теплоемкость системы: кал/°С, ккал/°С.  
 Удельная теплоемкость: кал/(г·°С), ккал/(кг·°С).  
 Тепловой поток: кал/с, ккал/ч.  
 Поверхностная плотность теплового потока: кал/(с·см<sup>2</sup>), ккал/(ч·м<sup>2</sup>).  
 Теплопроводность: кал/(с·см·°С), ккал/(ч·м·°С).  
 Доза излучения: 1 рад = 0,01 Дж/кг.  
 Эквивалентная доза излучения: 1 бэр = 0,01 Дж/кг.  
 Мощность дозы излучения: 1 рад/с = 0,01 Вт/кг, 1 рад/ч =  $2,78 \times 10^{-6} \text{ Вт/кг}$ .  
 Мощность эквивалентной дозы излучения: 1 бэр/с = 0,01 Вт/кг.  
 Экспозиционная доза рентгеновского и гамма-излучений (рентген):  
 $R = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ .  
 Мощность экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучений:  
 1 Р/с =  $2,58 \cdot 10^{-4} \text{ А/кг}$ , 1 Р/мин =  $4,3 \cdot 10^{-6} \text{ А/кг}$ , 1 Р/ч =  $7,2 \times 10^{-8} \text{ А/кг}$ .  
 Активность нуклида в радиоактивном источнике (активность изотопа) (кюри): 1 Ки =  $3,7 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1}$ .

## Соотношения между единицами системы МкГСС и тепловыми единицами, основанными на калории, и единицами системы СИ

Соотношения между единицами системы МкГСС и основанными на калории и единицами СИ	Соотношения между единицами системы СИ и единицами системы МкГСС и основанными на калории
---	---

## Единицы массы

$$1 \text{ кгс}\cdot\text{с}^2/\text{м} = 9,81 \text{ кг} \quad | \quad 1 \text{ кг} = 0,102 \text{ кгс}\cdot\text{с}^2/\text{м}$$

## Единицы силы

$$1 \text{ кгс} = 9,81 \text{ Н} \quad | \quad 1 \text{ Н} = 0,102 \text{ кгс}$$

## Единицы давления

$$1 \text{ кгс/см}^2 = 735,6 \text{ мм рт. ст.} = 1 \text{ атм. технич.} = 0,9678 \text{ атм. физич.} = 0,981 \text{ бар} = 98066,5 \text{ Па} = 0,1 \text{ МПа}$$

$$1 \text{ Н/м}^2 = 1 \text{ Па} = 0,987 \cdot 10^{-5} \text{ атм. физич.} = 1,02 \cdot 10^{-5} \text{ атм. технич.} = 10^{-5} \text{ бар} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ мм рт. ст.} = 0,102 \text{ мм вод. ст.}$$

$$1,033 \text{ кгс/см}^2 = 760 \text{ мм рт. ст.} = 1 \text{ атм. физич.} = 1,013 \text{ бар} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$1 \text{ мм рт. ст.} = 133,3 \text{ Па} = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ бар} = 13,6 \text{ мм вод. ст.}$$

$$1 \text{ бар} = 0,987 \text{ атм. физич.} = 1,02 \text{ кгс/см}^2 = 1,02 \text{ атм. техннч.} = 750 \text{ мм рт. ст.} = 10^5 \text{ Па}$$

$$1 \text{ мм вод. ст.} = 10^{-4} \text{ кгс/см}^2 = 9,81 \text{ Па}$$

**Единицы напряжения (механического)**

$$1 \text{ кгс/мм}^2 = 9,81 \text{ Н/мм}^2 = 9,81 \text{ МПа}$$

$$1 \text{ Н/мм}^2 = 0,102 \text{ кгс/мм}^2$$

$$1 \text{ МПа} = 0,102 \text{ кгс/мм}^2$$

**Единицы динамической вязкости**

$$1 \text{ кгс}\cdot\text{с/м}^2 = 9,81 \text{ Н}\cdot\text{с/м}^2 = 9,81 \text{ Па}\cdot\text{с} = 9,81 \text{ кг/(м}\cdot\text{с)}$$

$$1 \text{ Н}\cdot\text{с/м}^2 = 1 \text{ кг/(м}\cdot\text{с)}$$

$$= 0,102 \text{ кгс}\cdot\text{с/м}^2$$

**Единицы работы и энергии**

$$1 \text{ кгс}\cdot\text{м} = 9,81 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ л}\cdot\text{с}\cdot\text{ч} = 2,648 \cdot 10^9 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н}\cdot\text{м} = 0,102 \text{ кгс}\cdot\text{м} = 0,38 \cdot 10^{-6} \text{ л}\cdot\text{с}\cdot\text{ч} = 2,78 \times 10^{-7} \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

**Единицы мощности**

$$1 \text{ кгс}\cdot\text{м/с} = 9,81 \text{ Вт}$$

$$1 \text{ л}\cdot\text{с} = 735,5 \text{ Вт}$$

$$1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с} = 0,102 \text{ кгс}\cdot\text{м/с} = 1,36 \cdot 10^{-8} \text{ л}\cdot\text{с} = 0,86 \text{ ккал/ч}$$

**Тепловые единицы**

**Количество теплоты**

$$1 \text{ кал} = 4,19 \text{ Дж}; 1 \text{ ккал} = 4190 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ Дж} = 0,239 \text{ кал} = 2,39 \times 10^{-4} \text{ ккал}$$

$$1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 860 \text{ ккал}$$

**Удельное количество теплоты**

$$1 \text{ кал/г} = 4,19 \text{ Дж/г}$$

$$1 \text{ ккал/кг} = 4190 \text{ Дж/кг}$$

$$1 \text{ Дж/г} = 0,239 \text{ кал/г}$$

$$1 \text{ Дж/кг} = 0,239 \text{ ккал/кг}$$

**Теплоемкость системы**

$$1 \text{ ккал/}^\circ\text{C} = 4190 \text{ Дж/К}$$

$$1 \text{ Дж/К} = 0,239 \cdot 10^{-3} \text{ ккал/}^\circ\text{C}$$

**Удельная теплоемкость, удельная энтропия**

$$1 \text{ ккал/(кг}\cdot^\circ\text{C)} = 4190 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$$

$$1 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)} = 0,239 \cdot 10^{-3} \text{ ккал/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$$

**Тепловой поток**

$$1 \text{ кал/с} = 4,19 \text{ Вт}; 1 \text{ ккал/ч} = 1,163 \text{ Вт}$$

$$1 \text{ Вт} = 0,239 \text{ кал/с} = 0,86 \text{ ккал/ч}$$

**Поверхностная плотность теплового потока**

$$1 \text{ кал/(см}^2\cdot\text{с)} = 41900 \text{ Вт/м}^2$$

$$1 \text{ ккал/(м}^2\cdot\text{ч)} = 1,16 \text{ Вт/м}^2$$

$$1 \text{ Вт/м}^2 = 0,239 \cdot 10^{-4} \text{ кал/(см}^2\cdot\text{с)}$$

$$= 0,86 \text{ ккал/(м}^2\cdot\text{ч)}$$

**Коэффициент теплоотдачи, теплопередачи**

$$1 \text{ кал/(см}^2\cdot\text{с}\cdot^\circ\text{C)} = 41900 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{K)}$$

$$1 \text{ ккал/(м}^2\cdot\text{ч}\cdot^\circ\text{C)} = 1,16 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{K)}$$

$$1 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{K)} = 0,239 \cdot 10^{-4} \text{ ккал/(см}^2\cdot\text{с}\cdot^\circ\text{C)}$$

$$= 0,86 \text{ ккал/(м}^2\cdot\text{ч}\cdot^\circ\text{C)}$$

**Теплопроводность**

$$1 \text{ кал/(с}\cdot\text{см}\cdot^\circ\text{C)} = 419 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$$

$$1 \text{ ккал/(ч}\cdot\text{м}\cdot^\circ\text{C)} = 1,16 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$$

$$1 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)} = 0,239 \cdot 10^{-2} \text{ кал/(с}\cdot\text{см}\cdot^\circ\text{C)}$$

$$= 0,86 \text{ ккал/(ч}\cdot\text{м}\cdot^\circ\text{C)}$$

Паропроизводительность  $1 \text{ т/ч} = 0,278 \text{ кг/с}$ .  
 Удельный расход топлива  $1 \text{ кг/(кВт}\cdot\text{ч)} = 277,8 \text{ г/МДж}$ ;  $1 \text{ г/МДж} = 0,36 \text{ г/(кВт}\cdot\text{ч)}$ .

**Переводные формулы при определении разности температур**

$$t = T - 273,15 = 5/9 (f - 32)$$

$$T = t + 273,15 = 5/9 f + 255,37$$

$$f = 9/5 t + 32 = 9/5 T - 459,67$$

$t$  — температура,  $^\circ\text{C}$   
 $T$  — температура,  $\text{K}$   
 $f$  — температура,  $^\circ\text{F}$

**Кратные и дольные единиц измерения**

Приставка	Русские	Латинские или греческие	Кратность и дольность
Тера	Т	T	$10^{12} = 1\,000\,000\,000\,000$
Гига	Г	G	$10^9 = 1\,000\,000\,000$
Мега	М	M	$10^6 = 1\,000\,000$
Кило	к	k	$10^3 = 1000$
(Гекто)	г	h	$10^2 = 100$
(Дека)	да	da	$10^1 = 10$
(Деци)	д	d	$10^{-1} = 0,1$
(Сантн)	с	c	$10^{-2} = 0,01$
Милли	м	m	$10^{-3} = 0,001$
Микро	мк	$\mu$	$10^{-6} = 0,000001$
Нано	н	n	$10^{-9} = 0,000000001$
Пико	п	p	$10^{-12} = 0,000000000001$

Примечание. В скобках указаны приставки, которые допускается применять только в наименованиях кратных и дольных единиц, уже получивших широкое распространение (например: гектар, декалитр, дециметр, сантиметр).

**Некоторые единицы измерения в атомной и ядерной физике**

**Атомная единица массы** (а. е. м.) —  $1/12$  часть атома нуклида  $^{12}\text{C}$ :  
 $1 \text{ а. е. м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 931,50 \text{ МэВ} = 1,49 \cdot 10^{-10} \text{ Дж}$ .  
**Ферми** =  $10^{-15} \text{ см}$  — ядерная единица длины.  
**Ангстрем** =  $10^{-10} \text{ см}$  — единица измерения параметров кристаллической решетки твердого тела.  
**Барн** — единица измерения эффективного поперечного сечения ядерных реакций:  $1 \text{ барн} = 10^{-28} \text{ см}^2$ .  
**Ангстрем** =  $10^{-8} \text{ см}$  — единица измерения длины волны в спектрах света.

## ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ

Величина	Условное обозначение	Численное значение	Размерность
Скорость света в вакууме	$c$	$2,998 \cdot 10^8$	м/с
Магнитная постоянная	$\mu_0$	$1,256 \cdot 10^{-6}$	Г/м
Диэлектрическая постоянная	$\epsilon_0$	$8,85 \cdot 10^{-12}$	Ф/м
Абсолютный нуль температуры	$T_0$	$-273,15^\circ$	К
Ускорение свободного падения (нормальное)	$g$	9,81	м/с <sup>2</sup>
Гравитационная постоянная	$G$	$6,67 \cdot 10^{-11}$	Нм <sup>2</sup> /кг <sup>2</sup>
Постоянная Больцмана	$k$	$1,38 \cdot 10^{-23}$	Дж/К
Постоянная Планка	$h/2\pi$	$1,05 \cdot 10^{-34}$	Дж · с
Постоянная Стефана — Больцмана	$\sigma$	$5,67 \cdot 10^{-8}$	Вт/(м <sup>2</sup> · К <sup>4</sup> )
Универсальная газовая постоянная	$R$	8,314	Дж/(моль · К)
Энергетический эквивалент массы	—	$8,987 \cdot 10^{16}$	Дж/кг
Электрон-вольт	—	$1,6 \cdot 10^{-19}$	Дж
Объем моля идеального газа при нормальных условиях	—	22,415	л/моль
Температурный коэффициент расширения, идеальных газов	$\alpha$	0,00366	1/°С
Постоянная (число) Авогадро	$N_A$	$6,022 \cdot 10^{23}$	моль <sup>-1</sup>
Число Лошмидта	$N_L$	$2,687 \cdot 10^{20}$	молекул/см <sup>3</sup>
Постоянная (число) Фарадея (валентность = 1)	$F$	96 484	Кл/моль
Элементарный заряд	$q$	$1,602 \cdot 10^{-19}$	Кл
Отношение заряда электрона к его массе	$e/m_e$	$1,76 \cdot 10^{11}$	Кл/кг
Масса покоя электрона	$m_e$	$9,109 \cdot 10^{-31}$	кг
Масса покоя протона	$m_p$	$1,672 \cdot 10^{-27}$	кг
Масса покоя нейтрона	$m_n$	$1,675 \cdot 10^{-27}$	кг
Масса покоя мюона	$m_\mu$	$1,883 \cdot 10^{-27}$	кг
Отношение масс протона и электрона	$m_p/m_e$	1836	

### КАТЕГОРИИ ИСПОЛНЕНИЯ МАШИН, ПРИБОРОВ И ДРУГИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕСТА РАЗМЕЩЕНИЯ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ (ПО ГОСТ 15150-69)

Категория 1: изделия, предназначенные для работы на открытом воздухе.

Категория 2: изделия, предназначенные для работы в помещениях, где колебания  $t$  и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха, например в палатках, кузовах, прицепах, металлических помещениях без тепловой изоляции, а также

в кожухе комплектного устройства изделия категории I или под навесом (отсутствие прямого воздействия солнечной радиации и атмосферных осадков на изделие).

Категория 3: изделия, предназначенные для работы в закрытых помещениях с естественной вентиляцией, без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания  $t$  и влажности воздуха и воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе, например в металлических с теплоизоляцией, каменных, бетонных, деревянных помещениях (существенное уменьшение воздействия солнечной радиации, ветра, атмосферных осадков, отсутствие росы).

Категория 4: изделия, предназначенные для работы в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями, например в закрытых отапливаемых или охлаждаемых и вентилируемых производственных и других помещениях, в том числе хорошо вентилируемых подземных помещениях (отсутствие прямого воздействия солнечной радиации, отсутствие воздействия атмосферных осадков, ветра, а также воздействия песка и пыли наружного воздуха).

Категория 5: изделия, предназначенные для работы в помещениях с повышенной влажностью (напр., в неотапливаемых и не вентилируемых подземных помещениях, в том числе шахтах, подвалах, в почве, в таких судовых, корабельных и других помещениях, в которых возможно длительное наличие воды или частая конденсация влаги на стенах и потолке, в частности, в некоторых трюмах, в некоторых цехах текстильных, гидрометаллургических производств и т. п.).

### СТАНДАРТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛИМАТОВ

Категория исполнения оборудования	Номинальное значение $t$ воздуха при эксплуатации, °С					Относительная влажность воздуха при эксплуатации	
	рабочее			предельное		Среднемесячное значение в наиболее теплый и влажный период при +20°С, %	Продолжительность воздействия, мес.
	верхнее	нижнее	среднее	верхнее	нижнее		
1	+40	-40	+10	+45	-50	80	6
2	+40	-40	+10	+45	-50	80	6
3	+40	+40	+10	+45	-50	80	6
4	+35	+1	+20	+40	+1	65	12
5	+35	-5	+10	+35	-5	90	12

#### Умеренный климат (У)\*

1	+40	-40	+10	+45	-50	80	6
2	+40	-40	+10	+45	-50	80	6
3	+40	+40	+10	+45	-50	80	6
4	+35	+1	+20	+40	+1	65	12
5	+35	-5	+10	+35	-5	90	12

#### Холодный климат (ХЛ)

1	+40	-60	+10	+45	-60	80	6
2	+40	-60	+10	+45	-60	80	6
3	+40	-60	+10	+45	-60	80	6
4	+35	+1	+20	+40	+1	65	12
5	+35	-10	+10	+35	-10	90	12

\* Изделия в исполнении У могут применяться в южных районах СССР, в которых средняя из ежегодных абсолютных максимумов  $t$  воздуха выше 40°С и (или) сочетание  $t$ , равной или выше 20°С, и относительной влажности, равной или выше 80%, наблюдается более 12 ч в сутки за непрерывный период более 2 мес. в году.

**Классификация условий эксплуатации по коррозионной активности атмосферы металлических изделий и деталей без покрытий, а также с металлическими и неметаллическими неорганическими покрытиями (по ГОСТ 15160-89)**

Группы условий эксплуатации металлических деталей		Климатическое исполнение	Категория исполнения оборудования
Название	Обозначение		
Легкая	Л	У; ХЛ	3; 4
Средняя	С	У; ХЛ	1; 2; 3
Жесткая	Ж	У; ХЛ	1

Интенсивность дождя (верхнее рабочее значение) для изделий исполнения У и ХЛ — 3 мм/мин.

Нормальное значение факторов внешней среды при испытаниях изделий:

Температура, °С	+25 ± 10
Относительная влажность воздуха, %	45—80
Атмосферное давление, мм рт. ст.	630—800

При  $t > 30^{\circ}\text{C}$  относительная влажность воздуха не должна быть выше 70%.

Температура охлаждающей воды в макроклиматических районах У и ХЛ:

при охлаждении по проточной системе от водопроводных сетей, колодцев и крупных водоемов: +25 и +1°С (верхнее и нижнее значения);

при охлаждении по циркуляционной системе с использованием искусственных прудов, градирен и других искусственных сооружений: +30 и +1°С (верхнее и нижнее значения).

Рабочие значения температуры почвы на глубине 1 м: в макроклиматическом районе У: +25 и -5°С (верхнее и нижнее значения);

в макроклиматическом районе ХЛ: +10 и -20°С (верхнее и нижнее значения).

**Типы атмосферы**

Тип атмосферы	Содержание коррозионно-активных агентов	Примечание
I	Сернистый газ — не более 4 мг/(м <sup>2</sup> ·сут) (не более 0,02 мг/м <sup>3</sup> ); хлористые соли — не более 0,3 мг/(м <sup>2</sup> ·сут)	Атмосфера примерно соответствует сельской, лесной, горной местности вдали от промышленных объектов
II	Сернистый газ 4—200 мг/(м <sup>2</sup> ·сут) (0,02—2 мг/м <sup>3</sup> ); хлористые соли 0,3—2 мг/(м <sup>2</sup> ·сут)	Атмосфера примерно соответствует атмосфере промышленных районов
III	Сернистый газ 4—20 мг/(м <sup>2</sup> ·сут) (0,02—0,2 мг/м <sup>3</sup> ); хлористые соли 2—2 000 мг/(м <sup>2</sup> ·сут)	Атмосфера примерно соответствует морской

Примечание. Изделия исполнения У, ХЛ, как правило, эксплуатируются в атмосфере типов I и II.

**КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

**Шкала коррозионной стойкости металлов (по ГОСТ 5272-50)**

Группа стойкости	Скорость коррозии, мм/год	Балл	Условное обозначение
I. Совершенно стойкие	До 0,001	1	СС
II. Весьма стойкие	Свыше 0,001 до 0,005	2	ВС
	Свыше 0,005 до 0,01	3	ВС
III. Стойкие	Свыше 0,01 до 0,05	4	С
	Свыше 0,05 до 0,1	5	С
IV. Пониженной стойкости	Свыше 0,1 до 0,5	6	ПС
	Свыше 0,5 до 1	7	ПС
V. Малостойкие	Свыше 1 до 5	8	МС
	Свыше 5 до 10	9	МС
VI. Нестойкие	Свыше 10	10	НС

## Коррозионная стойкость металлов и сплавов в различных средах

Металлы и сплавы	Азотная кислота	Аммиак	Амлин	Ацетилен	Бром	Перекись водорода	Хлорное железо	Хлористый калий	Хлористый магний	Морская вода	Серная кислота	Сернистый ангидрид	Сероводород	Соляная кислота	Окись углерода	Уксусная кислота	Фтористо-водородная кислота	Хлор
Алюминий	МС	НС	С	СС	—	СС	МС	НС	ПС	НС	ПС	СС	СС	НС	СС	С	НС	НС
Бронза оловянистая	НС	—	НС	НС	—	—	—	—	СС	С	МС	—	—	МС	—	ПС	—	—
Кадмий	НС	НС	—	—	—	—	—	ВС	ВС	С	—	—	—	—	—	—	—	СС
Латунь	НС	—	НС	—	НС	—	—	МС	ВС	С	С	—	МС	—	—	—	—	СС
Медь	НС	—	НС	НС	НС	НС	НС	МС	НС	С	ПС	СС	МС	МС	НС	МС	—	НС
Никель	ПС	ПС	—	СС	С	ПС	НС	ВС	СС	СС	С	—	ПС	ПС	НС	—	—	ПС
Нихром	С	ПС	НС	С	НС	С	—	—	ПС	СС	ПС	—	С	ПС	—	С	ПС	С
Олово	ПС	СС	—	СС	НС	—	НС	—	ПС	С	—	СС	С	ПС	—	ПС	—	НС
Свинец	—	С	С	С	—	—	НС	С	—	С	С	СС	С	МС	—	ПС	ПС	С
Серебро	—	СС	—	НС	НС	—	—	СС	С	—	ПС	—	ПС	ПС	С	ВС	С	С
Сталь:																		
марганцовистая	НС	—	—	—	—	—	—	—	С	—	НС	—	—	НС	—	МС	—	—
углеродистая	НС	С	—	—	—	—	—	—	—	—	МС	НС	С	НС	—	МС	—	—
хромоникелевая	С	С	С	С	НС	С	ПС	СС	С	СС	НС	С	С	ПС	СС	ПС	НС	НС
Цинк	—	—	—	ПС	НС	СС	НС	ВС	ВС	С	—	НС	С	НС	СС	—	—	НС

## Коррозионная стойкость неметаллических материалов в различных средах

Материал	Азотная кислота	Аммиак	Амлин	Ацетилен	Ацетон	Бензол	Бром	Дихлорэтан	Азотнокислый калий	Хлористый магний	Морская вода	Серная кислота	Сероводород	Соляная кислота	Фенол	Фтористо-водородная кислота
Бетон гидравлический	НС	С	—	—	—	С	НС	—	С	НС	НС	НС	НС	НС	—	НС
Винипласт	С	С	НС	—	НС	—	ПС	НС	С	С	С	С	С	С	ПС	С
Гетинакс	—	—	—	—	—	С	—	—	—	—	—	—	—	С	—	—
Древесина	НС	ПС	—	—	—	—	НС	—	ПС	НС	С	НС	—	ПС	—	С
Кузбасский лак	С	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	С	—	—	—	—
Лигнофоль	—	—	—	—	—	НС	—	—	—	—	—	С	—	—	—	С
Перхлорвиниловый лак	ПС	—	НС	—	НС	НС	—	НС	—	—	—	С	—	С	—	С
Поливинилхлорид	ПС	ПС	НС	—	—	НС	С	—	—	С	—	ПС	—	С	ПС	С
Полистирол	С	ПС	—	—	ПС	НС	—	НС	С	С	—	С	—	С	—	С
Полиэтилен	ПС	С	—	—	С	С	НС	—	—	—	—	С	—	С	—	С
Резина мягкая	С	ПС	—	НС	НС	С	НС	НС	—	—	—	С	ПС	С	—	С
Стекло	С	С	—	С	С	С	С	С	С	С	С	С	С	С	С	НС
Текстолит	С	—	—	—	—	НС	С	—	С	С	С	С	—	С	—	—
Фарфор	С	С	—	С	С	С	С	С	С	С	С	С	С	С	—	НС
Эбонит	С	С	—	—	—	С	С	НС	С	С	—	С	С	С	С	НС

## КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ, ПОЖАРООПАСНЫХ И ВЗРЫВООПАСНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

### Классификация материалов по степени возгораемости (СНиП II-A.5-70)

**Несгораемые** — под воздействием огня или высокой  $t$  не воспламеняются, не тлеют и не обугливаются.

**Трудногораемые** — под воздействием огня или высокой  $t$  воспламеняются, тлеют или обугливаются и продолжают гореть или тлеть только при наличии источника огня, а после удаления источника огня горение или тление прекращается.

**Сгораемые** — под воздействием огня или высокой  $t$  воспламеняются или тлеют и продолжают гореть или тлеть после удаления источника огня.

### Классификация пожароопасных помещений и наружных установок (ПУЭ)

**Класс П-I:** помещения, в которых применяются или хранятся горючие жидкости с  $t$  вспышки выше  $45^{\circ}\text{C}$  (например, склады минеральных масел, установки по регенерации минеральных масел и т. п.).

**Класс П-II:** помещения, в которых выделяются горючие пыль или волокна, переходящие во взвешенное состояние. Возникающая при этом опасность ограничена пожаром (но не взрывом) из-за физических свойств пыли или волокон (степень измельчения, влажность и т. п., при которых нижний предел взрываемости составляет более  $65 \text{ г/м}^3$ ) или из-за того, что содержание их в воздухе по условиям эксплуатации не достигает взрывоопасных концентраций (например, деревообделочные цехи, малозапыленные помещения мельниц и элеваторов).

**Класс П-IIIa:** производственные и складские помещения, содержащие твердые или волокнистые горючие вещества (дерево, ткани и т. п.), причем признаки, перечисленные в П-II, отсутствуют.

**Класс П-IIIb:** наружные установки, в которых применяются или хранятся горючие жидкости с  $t$  вспышки паров выше  $45^{\circ}\text{C}$  (например, открытые склады минеральных масел), а также твердые горючие вещества (например, открытые склады угля, торфа, дерева и т. п.).

### Классификация взрывоопасных помещений и наружных установок (ПУЭ)

**Класс В-I:** помещения, в которых выделяются горючие газы или пары легко воспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) в таком количестве и обладающие такими свойствами, что они могут образовать с воздухом или другими окислителями взрывоопасные смеси не только при авариях, но и при нормальных недлительных режимах работы (например, при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранения или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых сосудах, и т. п.).

**Класс В-Ia:** помещения, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих паров или газов с воздухом или другими окислителями не имеют места, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

**Класс В-Iб:** те же помещения, что и класса В-Ia, но отличающиеся одной из следующих особенностей:

а) горючие газы в этих помещениях обладают высокими нижним пределом взрываемости (15% и более) и плотностью менее 0,8 по отношению к воздуху (например, машинные залы аммиачных компрессорных и холодильных абсорбционных установок);

б) образование в аварийных случаях взрывоопасной концентрации в больших объемах по условиям технологического процесса исключается, а возможна лишь местная взрывоопасная концентрация (например, помещения электролиза воды и поваренной соли); кроме того, в помещении имеется постоянно действующая вентиляционная установка, обеспечивающая 5—6-кратный обмен воздуха в час;

в) горючие газы и ЛВЖ имеются в помещениях в небольших количествах, недостаточных для создания общей взрывоопасной концентрации. Эти установки не должны рассматриваться как взрывоопасные, если работа в них производится в вытяжных шкафах, под вытяжными зонтами или без применения открытого пламени.

**Класс В-II:** наружные установки, где взрывоопасные смеси возможны только в результате аварии или неисправности. Для наружных установок взрывоопасными считаются зоны в пределах:

а) до 20 м по горизонтали и вертикали от места открытого слива и налива — для эстакад с открытым сливом и наливом ЛВЖ;

б) до 3 м по горизонтали и вертикали от взрывоопасного закрытого технологического оборудования и 5 м по горизонтали и вертикали от дыхательных и предохранительных клапанов;

в) вся территория резервуарных парков в пределах обвалования.

Наружные открытые эстакады с трубопроводами для горючих газов и ЛВЖ относятся к невзрывоопасным, но электрооборудование, установленное на трубопроводной арматуре, должно быть взрывозащищенным.

### Класс взрывоопасности помещений, смежных с помещениями, содержащими технологическое оборудование (ПУЭ)

Характеристика веществ, содержащихся в технологическом оборудовании	Класс взрывоопасного помещения, содержащего технологическое оборудование	Класс взрывоопасности смежного помещения, отделенного от взрывоопасного		
		одной стеной с дверью	двумя стенами и дверями, образующими коридор или тамбур	глухими стеной, потолком или полом
Сжиженные или тяжелые горючие газы	В-I В-Ia В-Iб	В-I В-Ia В-Iб	В-Ia В-Iб Не взрывоопасные	Не взрывоопасные
Легкие горючие газы, ЛВЖ, горючие пыли или волокна	В-I В-Ia В-Iб  В-II В-IIa	В-Ia В-Iб Не взрывоопасные В-IIa Не взрывоопасные		

Примечание. Легкими называются газы плотностью  $< 0,8$  по отношению к воздуху, а тяжелыми — газы плотностью 0,8 и более.

### Угловая равнополочная

№ профиля	Размеры полки, мм		Масса 1 м, кг	№ профиля	Размеры полки, мм		Масса 1 м, кг
	Ширина	Толщина			Ширина	Толщина	
2	20	3	0,89	5	50	3/2 *	2,82/1,52 *
2	20	4/2 *	1,15/0,57 *	5	50	4/2,5 *	3,05/1,88 *
2,5	25	3/2 *	1,12/0,78 *	5	50	5/3 *	3,77/2,24 *
2,5	25	4/2,5 *	1,46/0,9 *	6,3	63	4	3,0
3,2	32	3/2 *	1,46/0,95 *	6,3	63	6	5,72
3,2	32	4/2,5 *	1,91/1,18 *	7	70	5	5,88
3,6	36	3	1,65	7	70	8	8,37
3,6	36	4	2,16	7,5	75	5	5,8
4	40	3/2 *	1,85/1,2 *	7,5	75	6	6,89
4	40	4/2,5 *	2,42/1,49 *	7,5	75	8	9,02
4,5	40	3	2,08	7,5	75	9	10,01
4,5	40	4	2,73	8	80	6/3 *	7,36/3,65 *
4,5	40	5	3,37	8	80	8/4 *	9,65/4,82 *

\* В знаменателе указаны соответствующие величины холодногнутых профилей.

Примечание: Длина профилей: № 2—4 от 4 до 9 м; № 4, 5—8 от 4 до 12 м.

### Швеллерная обыкновенная

№ профиля	Размеры, мм			Масса 1 м, кг
	Высота	Ширина полки	Толщина	
5	50	32	4,4	4,84
6,5	65	36	4,4	5,9
8	80	40	4,5	7,05
10	100	46	4,5	8,59
12	120	52	4,8	40,4
16а	160	68	5	15,3
18а	180	74	5,1	17,4
24а	240	95	5,6	25,8

Примечание: Длина профилей: № 5—8 от 5 до 12 м; № 10—18 от 5 до 19 м; № 24а от 6 до 19 м.

### Угловая неравнополочная

№ профиля	Размеры, мм			Масса 1 м, кг
	Ширина большей полки	Ширина меньшей полки	Толщина	
3,2/2	32	20	3	1,17
3,2/2	32	20	4	1,52
4,5/2,8	45	28	3	1,68
4,5/2,8	45	28	4	2,20
5,3/4	53	40	4	3,17
5,3/4	53	40	5	3,91

**Класс В-II:** помещения, в которых выделяется переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна, обладающие такими свойствами, что они способны образовать с воздухом и другими окислителями взрывоопасные смеси не только при аварийных, но и при нормальных недлительных режимах работы (напр., при загрузке или разгрузке технологических аппаратов).

**Класс В-IIа:** помещения, в которых опасные состояния, указанные для помещений класса В-II, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей (см. табл. на стр. 21).

## ПРОКАТНАЯ СТАЛЬ

### Размер и масса прокатной стали

#### Горячекатаная круглая

Диаметр, мм/масса 1 м, кг: 6/0,222; 8/0,395; 10/0,617; 12/0,888; 16/1,58; 18/2; 20/2,47; 24/3,55; 25/3,85; 30/5,55.

Сталь с диаметром до 25 мм поставляется длиной от 5 до 10 м, а с диаметром от 26 до 30 мм — от 4 до 9 м. Сталь с диаметром до 8 мм поставляется в мотках, а диаметром свыше 8 мм — в прутках.

#### Горячекатаная квадратная

Сторона квадрата, мм/масса 1 м, кг: 6/0,283; 8/0,502; 10/0,785; 12/1,13; 16/2,01; 20/3,14; 25/4,91; 30/7,06; 36/10,17; 40/12,56.

Сталь со стороной квадрата до 25 мм поставляется прутками длиной от 5 до 10 м, а со стороной квадрата от 26 до 30 мм — от 4 до 9 м. Сталь со стороной квадрата до 14 мм может поставляться в мотках.

#### Горячекатаная полосовая

Размер полосы, мм/масса 1 м, кг: 16 × 4/0,50; 20 × 4/0,63; 25 × 4/0,79; 30 × 4/0,94; 40 × 4/1,26; 50 × 5/1,96; 60 × 6/2,83; 80 × 8/5,02; 100 × 8/6,28.

При массе 1 м до 18 кг полосы поставляются длиной от 3 до 9 м.

#### Тонколистовая

Толщина листа, мм/масса 1 м<sup>2</sup>, кг: 1/7,85; 2/15,7; 3/23,5; 4/31,4. Размеры листов (мм): ширина от 710 до 1250; длина — от 1420 до 2500.

#### Тонколистовая кровельная

Толщина, мм/масса листа при размере 710 × 1420 мм, кг: 0,35/2,8; 0,40/3,2; 0,45/3,5; 0,50/4; 0,55/4,4; 0,63/5; 0,70/5,5; 0,80/6,3; 0,90/7,1. Размеры листов (мм) от 510 × 700 до 1500 × 3000.

#### Проволока стальная оцинкованная

$d$  проволоки, мм  $\frac{\pi d^2}{4}$ , мм<sup>2</sup>/минимальная масса мотка, кг: 0,5/0,196/2; 0,6/0,283/2; 0,8/0,5/4; 1/0,785/5; 1,2/1,13/7; 1,4/1,54/10; 1,8/2,54/15; 2/3,14/20; 3/7,1/25; 4/12,6/30; 5/19,6/35; 6/28,3/40.

№ профиля	Размеры, мм			Масса 1 м, кг
	Ширина большей полки	Ширина меньшей полки	Толщина	
5,3/4	53	40	6	4,63
5,3/4	53	40	8	6,03
7/4,5	70	45	5	4,39
7/4,5	70	45	6	4,79
7,5/5	75	50	6	5,69
7,5/5	75	50	8	7,43
8/5	80	50	5	4,99

Примечание. Длина профилей № 3,2/2—4,5/2,8 от 4 до 9 м; № 5,3/4—8/5 от 4 до 12 м.

## Балки двутавровые

№ профиля	Размеры, мм			Масса 1 м, кг
	Высота	Ширина полки	Толщина	
10	100	55	7,2	9,46
12	120	64	7,3	11,5
14	140	73	7,5	13,7
16	160	81	7,8	15,9
18	180	90	8,1	18,4
18а	180	100	8,3	19,9
20	200	100	8,4	21
20а	200	110	8,6	22,7
22	220	110	8,7	24
22а	220	120	8,9	25,8
24	240	115	9,5	27,3
24а	240	125	9,8	29,4

Примечание. Длина профилей № 10—18 от 5 до 19 м; № 20—24 от 6 до 19 м.

# ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## ТАБЛИЦЫ ВОДЯНОГО ПАРА

### Насыщенный водяной пар (по давлениям)

Давление $p$ (абсолютное)	Температура насыщения $t$ , °C	Удельный объем, м <sup>3</sup> /кг		Энтальпия, кДж/кг	
		кипящей воды $v'$	сухого насыщенного пара $v''$	кипящей воды $i'$	сухого насыщенного пара $i''$
кПа					
1	7	0,1000	129,2	29	2514
2	17,5	0,1001	67	73	2533
3	24,1	0,1002	45,7	101	2545
4	29	0,1004	34,8	121	2554
5	32,9	0,1005	28,2	138	2561
6	36,2	0,1006	23,7	151	2567
7	39	0,1007	20,5	163	2572
8	41,5	0,1008	18,1	174	2577
9	43,8	0,1009	16,2	183	2581
10	45,8	0,1010	14,7	192	2584
15	54	0,1014	10	226	2599
20	60,1	0,1017	7,6	251	2610
25	65	0,1019	6,2	272	2618
30	69,1	0,1022	5,2	289	2625
40	75,9	0,1026	3,4	318	2637
50	81,3	0,1030	3,2	341	2646
60	86	0,1033	2,7	360	2654
70	90	0,1036	2,4	377	2660
80	93,5	0,1038	2,1	392	2666
90	96,7	0,1041	1,9	405	2671
100	99,6	0,1043	1,7	417	2676
200	120,2	0,1061	0,9	505	2707
300	133,5	0,1073	0,6	561	2725
400	143,6	0,1084	0,5	605	2738
500	151,8	0,1093	0,37	640	2748
600	158,8	0,1101	0,31	670	2756
700	165	0,1108	0,27	697	2763
800	170,4	0,1115	0,24	721	2768
900	175,4	0,1121	0,21	743	2773
1000	179,9	0,1127	0,19	763	2777

Давление $p$ (абсолютное)	Температура насыщения $t_s$ , °C	Удельный объем, м <sup>3</sup> /кг		Энтальпия, кДж/кг	
		кипящей воды $v'$	сухого насыщенного пара $v''$	кипящей воды $i'$	сухого насыщенного пара $i''$
МПа					
1,1	184,1	0 <sub>2</sub> 1133	0,18	781	2780
1,2	188	0 <sub>2</sub> 1139	0,16	798	2783
1,3	191,6	0 <sub>2</sub> 1144	0,15	815	2786
1,4	195	0 <sub>2</sub> 1149	0,14	830	2788
1,5	198,3	0 <sub>2</sub> 1154	0,13	845	2790
1,6	201,4	0 <sub>2</sub> 1159	0,12	859	2792
1,7	204,3	0 <sub>2</sub> 1163	0,12	872	2794
1,8	207,1	0 <sub>2</sub> 1168	0,11	885	2795
1,9	209,8	0 <sub>2</sub> 1172	0,10	897	2796
2,0	212,4	0 <sub>2</sub> 1177	0,09	909	2798
2,2	217,2	0 <sub>2</sub> 1185	0,09	931	2799
2,4	221,8	0 <sub>2</sub> 1193	0,08	952	2800
2,6	226	0 <sub>2</sub> 1201	0,08	972	2801
2,8	230	0 <sub>2</sub> 1209	0,07	990	2802
3,0	233,8	0 <sub>2</sub> 1216	0,07	1008	2802
3,2	237,4	0 <sub>2</sub> 1224	0,06	1025	2802
3,4	240,9	0 <sub>2</sub> 1231	0,06	1042	2801
3,6	244,2	0 <sub>2</sub> 1238	0,05	1058	2801
3,8	247,3	0 <sub>2</sub> 1245	0,05	1073	2800
4,0	250,3	0 <sub>2</sub> 1252	0,05	1087	2799
4,5	257,4	0 <sub>2</sub> 1269	0,04	1122	2796
5,0	263,9	0 <sub>2</sub> 1286	0,04	1155	2793
6,0	276,6	0 <sub>2</sub> 1318	0,03	1214	2783
7,0	285,8	0 <sub>2</sub> 1351	0,03	1268	2771
8,0	295	0 <sub>2</sub> 1384	0,02	1317	2757
9,0	303,3	0 <sub>2</sub> 1418	0,02	1364	2742
10	311	0 <sub>2</sub> 1453	0,02	1409	2724
11	318	0 <sub>2</sub> 1489	0,02	1451	2705
12	324,6	0 <sub>2</sub> 1527	0,01	1493	2685
13	330,8	0 <sub>2</sub> 1567	0,01	1533	2662
14	336,4	0 <sub>2</sub> 1610	0,01	1553	2638
15	342,1	0 <sub>2</sub> 1658	0,01	1612	2612
16	347,3	0 <sub>2</sub> 1710	0,01	1651	2583
17	352,3	0 <sub>2</sub> 1769	0,01	1692	2551
18	357	0 <sub>2</sub> 1838	0,01	1733	2514
19	361,4	0 <sub>2</sub> 1923	0,01	1778	2470
20	365,7	0 <sub>2</sub> 2038	—	1829	2414
21	370	0 <sub>2</sub> 2218	—	1892	2340
22	373,7	0 <sub>2</sub> 2675	—	2007	2192

Температура, °C	Абсолютное давление, кПа	Разрежение (при барометрическом давлении 101 кПа), кПа	Удельный объем, м <sup>3</sup> /кг	Энтальпия, кДж/кг	Температура, °C	Абсолютное давление, кПа	Разрежение (при барометрическом давлении 101 кПа), кПа	Удельный объем, м <sup>3</sup> /кг	Энтальпия, кДж/кг
15	1,7	99,3	78	2529	33	5,0	96,0	28	2561
16	1,8	99,2	73	2530	34	5,3	95,7	27	2563
17	1,9	99,1	69	2532	35	5,6	95,4	25	2565
18	2,0	99,0	65	2534	36	5,9	95,1	24	2567
19	2,1	98,9	61	2536	37	6,3	94,7	23	2569
20	2,3	98,7	58	2538	38	6,6	94,4	22	2570
21	2,5	98,5	54	2539	39	7,0	94,0	21	2572
22	2,6	98,4	51	2541	40	7,4	93,6	20	2574
23	2,8	98,2	49	2543	41	7,8	93,2	19	2576
24	3,0	98,0	46	2545	42	8,1	92,9	18	2578
25	3,2	97,8	43	2547	43	8,6	92,4	17	2579
26	3,4	97,6	41	2549	44	9,0	92,0	16	2581
27	3,6	97,4	39	2550	45	9,6	91,4	15	2583
28	3,8	97,2	37	2552	46	10,0	91,0	15	2585
29	4,0	97,0	35	2554	47	10,6	90,4	14	2586
30	4,2	96,8	33	2556	48	11,2	89,8	13	2588
31	4,5	96,5	31	2558	49	11,7	89,3	12	2590
32	4,7	96,3	29	2559	50	12,3	88,7	12	2591

Удельный объем перегретого водяного пара, м<sup>3</sup>/кг

Давление абсолютное, МПа	Температура, °C									
	400	430	460	490	520	550	580	600	620	
0,9	0,341	0,357	0,373	0,388	0,404	0,420	0,435	0,446	0,456	
1	0,307	0,321	0,335	0,349	0,363	0,378	0,392	0,401	0,410	
1,1	0,278	0,291	0,304	0,317	0,330	0,343	0,356	0,364	0,373	
1,2	0,255	0,267	0,279	0,290	0,302	0,314	0,326	0,334	0,342	
1,3	0,235	0,246	0,257	0,268	0,279	0,290	0,301	0,308	0,315	
1,4	0,218	0,228	0,238	0,249	0,259	0,269	0,279	0,286	0,293	
1,5	0,203	0,213	0,222	0,232	0,241	0,251	0,260	0,267	0,273	
1,6	0,190	0,199	0,208	0,217	0,226	0,235	0,244	0,250	0,256	
1,7	0,179	0,187	0,196	0,204	0,213	0,221	0,229	0,235	0,241	

Примечание. В третьем столбце таблицы индексом 2 (0<sub>2</sub>1...) условно заменены два нуля, которые должны стоять после запятой.

Давление абсолютное, МПа	Температура, °С								
	400	430	460	490	520	550	580	600	620
1,8	0,168	0,177	0,185	0,193	0,201	0,209	0,217	0,222	0,227
1,9	0,159	0,167	0,175	0,182	0,190	0,198	0,205	0,210	0,215
2	0,151	0,159	0,166	0,173	0,180	0,188	0,195	0,199	0,204
2,2	0,137	0,144	0,150	0,157	0,164	0,170	0,177	0,181	0,185
2,4	0,125	0,131	0,138	0,144	0,150	0,156	0,162	0,166	0,170
2,6	0,115	0,121	0,127	0,133	0,138	0,144	0,149	0,153	0,157
2,8	0,107	0,112	0,118	0,123	0,128	0,133	0,138	0,142	0,145
3	0,099	0,104	0,109	0,114	0,119	0,124	0,129	0,132	0,136
3,2	0,093	0,098	0,102	0,107	0,112	0,116	0,121	0,124	0,127
3,4	0,087	0,092	0,096	0,101	0,105	0,109	0,114	0,117	0,119
3,6	0,082	0,086	0,091	0,095	0,099	0,103	0,107	0,110	0,113
3,8	0,077	0,082	0,086	0,090	0,094	0,098	0,101	0,104	0,107
4	0,073	0,077	0,081	0,085	0,089	0,093	0,096	0,099	0,101
4,5	0,065	0,068	0,072	0,075	0,079	0,082	0,085	0,088	0,090
5	0,058	0,061	0,064	0,067	0,070	0,074	0,077	0,079	0,081
6	0,047	0,050	0,053	0,056	0,058	0,061	0,069	0,065	0,067
7	0,040	0,042	0,045	0,047	0,050	0,052	0,054	0,056	0,057
8	0,034	0,037	0,039	0,041	0,043	0,045	0,047	0,048	0,050
9	0,030	0,032	0,033	0,036	0,038	0,040	0,042	0,043	0,044
10	0,026	0,028	0,030	0,032	0,034	0,036	0,037	0,038	0,039
12	0,021	0,023	0,025	0,026	0,028	0,029	0,031	0,032	0,032
14	0,017	0,019	0,020	0,022	0,023	0,025	0,026	0,027	0,028
16	0,014	0,016	0,017	0,019	0,020	0,021	0,022	0,023	0,024
18	0,012	0,014	0,015	0,016	0,017	0,019	0,020	0,020	0,021
20	0,010	0,012	0,013	0,014	0,015	0,016	0,017	0,018	0,019
22	0,008*	0,010	0,011	0,013	0,014	0,015	0,016	0,016	0,017
24	0,007*	0,008*	0,010	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015	0,015
26	0,0053*	0,0076*	0,0090*	0,010	0,011	0,012	0,013	0,013	0,014
28	0,0038*	0,0065*	0,0080*	0,0092*	0,010	0,011	0,012	0,012	0,013
30	0,0028*	0,0056*	0,0072*	0,0083*	0,0093*	0,010	0,011	0,011	0,012

\* Индексом 2 (0,2...) условно заменены два нуля, которые должны стоять после запятой.

Давление абсолютное, МПа	Температура, °С								
	400	430	460	490	520	550	580	600	620
0,9	3265	3329	3393	3458	3523	3588	3654	3698	3743
1	3264	3328	3392	3457	3522	3587	3653	3697	3742
1,1	3262	3326	3391	3456	3521	3586	3652	3697	3741
1,2	3261	3325	3390	3454	3520	3585	3651	3696	3740
1,3	3259	3324	3388	3453	3518	3584	3651	3695	3740
1,4	3258	3322	3387	3452	3518	3583	3650	3694	3739
1,5	3256	3321	3386	3451	3517	3582	3649	3693	3738
1,6	3254	3319	3385	3450	3516	3582	3648	3693	3737
1,7	3253	3318	3383	3449	3515	3581	3647	3692	3737
1,8	3251	3317	3382	3448	3514	3580	3646	3691	3736
1,9	3250	3315	3381	3447	3512	3579	3646	3690	3735
2	3248	3314	3380	3445	3511	3578	3645	3689	3734
2,2	3245	3311	3377	3443	3509	3576	3643	3688	3733
2,4	3241	3308	3374	3441	3507	3574	3641	3686	3731
2,6	3238	3305	3372	3439	3505	3572	3640	3685	3730
2,8	3235	3302	3369	3436	3503	3570	3638	3683	3728
3	3232	3299	3367	3434	3501	3569	3636	3681	3727
3,2	3228	3296	3364	3432	3499	3567	3634	3680	3725
3,4	3225	3293	3362	3429	3497	3565	3633	3678	3724
3,6	3221	3291	3359	3427	3495	3563	3631	3677	3722
3,8	3218	3288	3356	3425	3493	3561	3629	3675	3721
4	3214	3285	3354	3422	3491	3559	3628	3673	3719
4,5	3206	3277	3347	3416	3485	3554	3623	3669	3715
5	3197	3269	3340	3410	3480	3550	3619	3665	3712
6	3179	3254	3327	3398	3469	3540	3610	3657	3704
7	3160	3238	3313	3386	3459	3530	3602	3649	3696
8	3140	3221	3299	3374	3448	3520	3593	3641	3688
9	3120	3208	3287	3364	3439	3512	3586	3634	3682
10	3098	3187	3269	3348	3425	3500	3575	3624	3673
12	3053	3150	3239	3322	3402	3480	3557	3607	3657
14	3004	3111	3207	3295	3378	3459	3538	3590	3641
16	2950	3070	3173	3266	3354	3438	3519	3572	3625
18	2899	3026	3138	3237	3329	3416	3500	3555	3608
20	2820	2978	3101	3207	3304	3394	3481	3537	3592
22	2738	2927	3062	3176	3277	3372	3461	3519	3575
24	2642	2871	3021	3143	3251	3349	3441	3500	3558
26	2515	2809	2978	3110	3223	3326	3421	3482	3541
28	2399	2741	2933	3075	3195	3302	3401	3463	3524
30	2159	2666	2885	3039	3166	3278	3380	3444	3506

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ

Республика, бассейн, месторождение	Марка, класс	Рабочая масса топлива, состав, %							
		W <sup>P</sup>	A <sup>P</sup>	S <sup>P</sup> <sub>K</sub>	S <sup>P</sup> <sub>OP</sub>	C <sup>P</sup>	H <sup>P</sup>	N <sup>P</sup>	O <sup>P</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Энергетиче

Донбасс	Д; Р	13	21,8	1,5	1,5	49,3	3,6	1	8,3
УССР, Донецкая, Луганская обл. и РСФСР, Ростовская обл.	Д; отсев	14	25,8	2,5	1,4	44,8	3,4	1	7,1
	Г; Р	8	23	2	1,2	55,2	3,8	1	5,8
	Г; отсев	11	26,7	1,9	1,2	49,2	3,4	1	5,6
	Г; промпродукт	9	34,6	3,2	0,8	44	3,1	0,8	5,3
	Т; Р	5	23,8	2	0,8	62,7	3,1	0,9	1,7
Кузбасс	А; Ш; СШ	8,5	22,9	1	0,7	63,8	1,2	0,6	1,3
	ПА; Р; отсев	5	20,9	1,7	0,7	66,6	2,6	1	1,5
	Ж; К; ОС; промпродукт	9	35,5	1,9	-0,6	45,5	2,9	0,9	3,7
РСФСР, Кемеровская обл. Угли, добываемые в шахтах	Д; Р; СШ	12	13,2	0,3		58,7	4,2	1,9	9,7
	Г; Р; СШ	8,5	11	0,5		66	4,7	1,8	7,5
	ИСС; Р; отсев	9	18,2	0,3		61,5	3,7	1,5	5,8
	ССС; Р; С; Ш; отсев	9	18,2	0,4		64,1	3,3	1,5	3,5
	Т; Р; отсев	6,5	16,8	0,4		68,6	3,1	1,5	3,1
Угли, добываемые в углеразрезах:	Ж; К; ОС; промпродукт	7	30,7	0,7		53,6	3,0	1,6	3,4
	Г; Р; окисленный	14	9,5	0,5		59,5	4	1,5	11
Грамотенский, Колмогоровский, и Байдаевский Кедровский, имени Вахрушева, Киселевский № 8, Новосергеевский, Бачатский	ИСС; 2СС; окисленный	10	11,3	0,5		67,7	3,6	1,6	5,3
	Т; окисленный	10	16,2	0,3		65,7	3	1,7	3,1
Краснобродский, Красногорский, Листьянский Томьинский № 3, 4, 7, 8, Черниговский	ИСС; 2СС; окисленный	12	18,9	0,4		59,1	3,4	1,7	4,5
	Ж; промпродукт	11,5	35	0,9	0,4	42,5	3,2	0,8	5,7
Грузинская ССР Ткварчельское Ткибульское	Г; промпродукт	13	27	0,7	0,6	45,4	3,5	0,9	8,9
	К; Р	8	27,5	0,8		54,7	3,3	0,8	4,8
Казахская ССР Карагандинский	К; промпродукт	10	38,7	0,9		42,1	2,7	0,7	4,9

ТОПЛИВО СССР

Низшая теплота сгорания Q <sub>н</sub> <sup>P</sup> МДж/кг ккал/кг	Влажность гигроскопическая W <sub>г</sub> , %	Теплота сгорания по бомбе Q <sub>б</sub> <sup>P</sup> МДж/кг	Выход летучих на горючую массу V <sub>г</sub> , %	Коэффициент размола-способности (лабораторный относительный) K <sub>л.о</sub>	Характеристика нелетучего остатка	Температура плавления золы, °С		
						Начало деформации	Начало размягчения	Начало жидкого состояния
11	12	13	14	15	16	17	18	19

ские угли

19,6/4680	4,5	32,2	44	1,1	От порошка до сл. спекш.	1000	1200	1280
17,8/4240	4,5	31,4	44	1,2	То же	1100	1250	1350
21,5/5260	3	34	40	1,15	Спекшился	1050	1200	1280
19,8/4730	3	33,5	40	1,3	»	1180	1240	1280
17,5/4190	2,5	33,2	42	1,2	Сл. спекш.	1000	1200	1280
24,1/5780	1,5	35,5	15	1,8	От порошка до сл. спекш.	1060	1200	1250
22,5/5390	2,5	34	35	0,95	Порошкообр.	1100	1200	1250
25,3/6030	1,5	35,4	7,5	1,3	»	1060	1250	1300
18/4300	1,3	34,5	30	1,5	Спекшился	1120	1285	1310
22,8/5450	4	32,2	42	1,12	»	1130	1200	1250
26,3/6240	3	34,1	40	1,15	»	1100	1200	1250
23,9/5700	1,6	34,3	30	—	От порошка до сл. спекш.	1100	1240	1280
24,5/5870	1,5	35,2	21	—	От сл. спекш. до спекш.	1100	1240	1500
26,1/6250	1,5	35,4	13	—	От порошкообр. до спекш.	1250	1300	1400
20,9/5000	1,5	34,3	23	—	От сл. спекш. до спекш.	1150	1300	1370
22,8/5450	6	31,4	40	1,6	Порошкообр.	1150	1250	1280
25,8/6180	3,5	34,4	25	1,5	»	1350	1500	1550
24,7/5900	3,5	34,8	18	1,5	»	1330	1450	1480
22,5/5390	4	34,4	25	1,6	»	1120	1270	1300
16,8/4000	1,5	33,5	41	1,4	Спекш.	1450	>1500	>1500
17,9/4280	3	32	45	1,1	Сл. спекш.	1450	1470	1480
21,3/5090	1,5	34,8	28	1,4	Спекш.	1400	1450	1470
16,6/3880	2	33,5	30	1,4	»	1200	1300	1330

Республика, бассейн, месторождение	Марка, класс	Рабочая масса топливная, состав, %							
		W <sup>P</sup>	A <sup>P</sup>	S <sub>к</sub> <sup>P</sup>	S <sub>оп</sub> <sup>P</sup>	C <sup>P</sup>	H <sup>P</sup>	N <sup>P</sup>	O <sup>P</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Экибастузский:									
разрезы 1, 2, 3	СС; P	7	38,1	0,4		43,4	2,9	0,8	7
разрез 5/6	СС; P	7	40,9	0,4		41,1	2,8	0,8	6,8
Куучекинское	СС; P	7	40,9	0,7		42,5	2,6	0,7	5,8
Ленгерское	БЗ; P; отсев	29	11,4	1,2	0,5	45	2,6	0,4	9,8
Киргизская ССР									
Кок-Янтак	Д; P; ОМ; СШ	10,5	17,9	1,7		55,8	3,7	0,6	9,8
Таш-Кумыр	Д; P; СШ	14,5	21,4	1,2		48,4	3,3	0,8	10,8
Сулокта	БЗ; ОМ; СШ	22	13,3	0,2	0,3	50,1	2,6	0,5	11,8
Кызыл-Кия	БЗ; ОМ; СШ	28	14,4	0,6	0,3	44,4	2,4	0,5	9,8
Кара-Киче	БЗ; ОМ; СШ	19	8,1	0,7		55	3,1	0,6	13,8
РСФСР									
Башкирская АССР									
Бабаевское	Б1; P	56,5	7	0,5		25,4	2,4	0,2	8
Бурятская АССР									
Гусиноозерское	БЗ; P	23,5	16,8	0,5		43,9	3,2	0,7	11,8
Холбогджинское	БЗ;	22	12,5	0,3		46,5	3,3	0,7	14,7
Баянголское	Д; P	23	15,4	0,5		47,5	3,4	0,9	9,8
Иркутская обл.									
Черемховское, Забитуйское	Д; P; отсев	13	27	1,1		54,9	3,4	0,7	8,8
Азейское	БЗ; P	25	12,8	0,4		46	3,3	0,9	11,8
Мигунское	БЗ; P	22	14,8	0,9		46	3,7	0,9	11,8
Канско-Ачинский бассейн									
Ирша-Бородинское	Б2; P	33	6	0,2		43,7	3	0,6	13,8
Назаровское	Б2; P	39	7,3	0,4		37,6	2,6	0,4	12,8
Березовское	Б2; P	33	4,7	0,2		44,3	3	0,4	14,8
Боготольское	Б1; P	44	6,7	0,5		34,3	2,4	0,4	11,8
Абанское	Б2; P	33,5	8	0,4		41,5	2,9	0,6	13,8
Кемеровская обл.									
Итатское	Б1; P	40,5	6,8	0,4		36,6	2,6	0,4	12,8
Барандатское	Б2; P	37	4,4	0,2		41,9	2,9	0,4	13,8
Пермская обл.	Г; P; отсев; К, М	6	31	6,1		48,5	3,6	0,8	4
Кизеловский бассейн	Г; промпродукт	6,5	39	6,8	1,6	37,4	2,9	0,7	5,8

Низшая теплота сгорания Q <sub>н</sub> <sup>P</sup> МДж/кг ккал/кг	Влажность гигроскопическая W <sub>гр</sub> %	Теплота сгорания по бомбе Q <sub>б</sub> МДж/кг	Выход летучих на горючую массу V <sub>г</sub> %	Коэффициент размоловости (лабораторный относительный) K <sub>л.о</sub>	Характеристика нелетучего остатка	Температура плавления золь, °С		
						Начало деформации	Начало размягчения	Начало жидкотопливного состояния
11	12	13	14	15	16	17	18	19
16,8/4000	2,5	32,2	30	1,35	От порошка до слипч.	1300	>1500	>1500
15,8/3790	2,5	32,2	30	1,35	—	—	—	—
16,4/3910	2	33	27	1,8	От порошка до сл. спекш.	1500	—	—
16/3850	10	29,5	39	1,8	Порошкообр.	1030	1050	1070
21,5/5140	6	31,9	34	1,35	От слипч. до сл. спекш.	1100	1440	1460
18,4/4380	10	30,5	36	1,3	Порошкообр.	1280	1340	1360
17,9/4270	10	29,5	33	1,3	»	1120	1230	1250
15,8/3770	10	29,7	35	2	»	1100	1250	1260
19,8/4730	11	28,9	37	1,7	»	1150	1300	1320
8,8/2090	10	29,5	65	1,7	»	1070	1150	1190
16,4/3910	12	29,7	45	1	»	1080	1200	1220
16,6/3950	15	28,1	45	0,9	»	1060	1190	1200
18,1/4310	7	31,5	40	0,95	»	1110	1220	1260
17,9/4270	4,5	31,8	47	1,3	От порошка до сл. спекш.	1130	1240	1280
17,3/4140	11	30,2	46	1,12	Порошкообр.	1100	1300	1310
17,6/4190	10,5	30,2	49	1	»	1420	1460	1470
15,7/3740	12	28,3	48	1,2	»	1180	1210	1230
13,0/3110	13	27,4	48	1,1	»	1200	1220	1240
15,7/3740	12	27,6	48	1,3	»	1270	1290	1310
11,8/2820	13,6	27,4	48	1,4	»	1150	1170	1190
14,2/3520	12	27,8	48	1,2	»	1140	1160	1180
12,8/3060	13	27,4	48	1,3	»	1200	1220	1240
14,8/3540	11,5	28,1	48	1,4	»	1300	1320	1340
19,7/4700	1,5	33,7	42	1	От порошка до спекш.	1200	1450	>1500
15,9/3810	1	32,4	44	1	Спекш.	1000	1250	1350

Республика, бассейн, место-рождение	Марка, класс	Рабочая масса топлива, состав, %							
		W <sup>D</sup>	A <sup>D</sup>	S <sub>K</sub> <sup>P</sup>	S <sub>OP</sub> <sup>P</sup>	C <sup>D</sup>	H <sup>D</sup>	N <sup>D</sup>	O <sup>D</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Коми АССР</b>									
<b>Печорский бассейн:</b>									
Воркутинское	Ж; Р; отсев	5,5	23,6	0,8	59,6	3,8	1,3	5,4	
Иитинское	Д; Р; отсев	11	25,4	2   0,6	47,7	3,2	1,3	8,8	
<b>Магаданская обл.</b>									
<b>Нижне-Аркагалинское</b>									
Нижне-Аркагалинское	Д; Р	16,5	9,2	0,3	59,1	4,1	1	9,8	
<b>Верхне-Аркагалинское</b>									
Верхне-Аркагалинское	Д; Р	19	13	0,1	50,1	3,4	0,7	13,7	
<b>Анадырское</b>									
Анадырское	ВЗ; Р	21	11,9	0,1	50,1	4	0,7	12,2	
<b>Минусинский бассейн:</b>									
<b>Черногорское</b>									
Черногорское	Д; Р	14	15,5	0,5	54,9	3,7	1,4	10	
<b>Подмосковный бассейн</b>									
<b>В целом по бассейну</b>									
В целом по бассейну	ВЗ; Р; ОМСШ	32	25,2	1,5   1,2	28,7	2,2	0,6	8,6	
Трест «Черепеть-уголь»	ВЗ; Р; ОМСШ	31	29	1,2   0,9	26	2,2	0,4	9,3	
<b>Приморский край</b>									
<b>Липовецкое</b>									
Липовецкое	Д; Р; СШ	6	33,8	0,4	46,1	3,6	0,5	9,6	
<b>Сучанский</b>									
Сучанский	Г; Р	5,5	34	0,4	49,8	3,2	0,8	6,3	
»	Ж; Р	5,5	32,1	0,4	52,7	3,2	0,7	5,4	
»	Т; Р	5	22,8	0,5	64,6	2,9	0,8	3,4	
<b>Подгороненское</b>									
<b>Артемовское</b>									
Артемовское	Т; Р	4	40,3	0,4	48,7	2,6	0,8	3,7	
<b>Тавричанское</b>									
Тавричанское	ВЗ; Р; СШ	24	24,3	0,3	35,7	2,9	0,7	12,1	
<b>Ретиховское</b>									
Ретиховское	ВЗ; ОМ; СШ	14	24,9	0,4	44,6	3,5	1,3	11,3	
<b>Чихезское</b>									
Чихезское	ВЗ; Р	42,5	17,3	0,2	27,3	2,3	0,3	10,1	
<b>Бикинское</b>									
Бикинское	ВЗ; Р	43	12,5	0,2	30,3	2,5	0,4	11,1	
	ВЗ; Р	37	22,1	0,3	26,8	2,3	0,7	10,8	
<b>Свердловская обл.</b>									
<b>Егоршинское</b>									
Егоршинское	ПА; Р	8	23,9	0,4	60,3	2,5	0,9	4	
<b>Волчанское</b>									
Волчанское	ВЗ; Р	22	33,2	0,2	28,7	2,3	0,5	13,1	
<b>Веселовское и Богословское</b>									
Веселовское и Богословское	ВЗ; Р	24	30,4	0,4	29,9	2,3	0,5	12,5	
<b>Хабаровский край</b>									
<b>Райчихинское</b>									
Райчихинское	ВЗ; К; О; МСШ, Р	37,5	9,4	0,3	37,7	2,8	0,6	12,2	
Райчихинское	ВЗ; Р; окислениый	47	7,9	0,8	30,4	1,7	0,5	12,2	
<b>Ургальское</b>									
Ургальское	Г; Р	7,5	29,6	0,4	50,9	3,6	0,6	7,4	
<b>Челябинский бассейн</b>									
Челябинский бассейн	ВЗ; Р; МГШ	18	29,5	1	37,3	2,8	0,9	10,5	

Низшая теплота сгорания Q <sub>н</sub> <sup>P</sup> МДж/кг ккал/кг	Влажность гигроскопическая W <sub>гн</sub> <sup>P</sup> %	Теплота сгорания по бомбе Q <sub>б</sub> <sup>P</sup> МДж/кг	Выход летучих на горючую массу V <sub>г</sub> <sup>P</sup> %	Коэффициент размо-лоспособности (лабораторный относительный) K <sub>л.о</sub>	Характеристика нелегучего остатка	Температура плавления золы, °С		
						Начало деформации	Начало размягчения	Начало жидкоплавкого состояния
11	12	13	14	15	16	17	18	19
23,6/5650 18,3/4370	1,8 7	35 30,8	33 40	1,5 1,15	Спекш. Порошкообр.	1140 1050	1200 1150	1250 1170
22,9/5480 18,5/4420	4 12	32,3 29,1	40 43	1,1 —	От сл. спекш. до спекш. Порошкообр.	1060 1050	1150 1130	1200 1160
19,2/4590	11,3	30,8	49	0,9	»	1400	1500	—
21,1/5030	8	31,5	44	1,01	Спекш.	1200	1265	1290
10,1/2490	7,5	28	50	1,7	»	1350	1500	>1500
9,3/2220	7	27	55	1,7	»	1350	>1500	>1500
18,7/4360	3,5	31,8	50	—	От порошкообр. до сл. спекш. Спекшился	1450	1500	—
19,5/4650	2	33,7	36	1,5	»	1120	1320	1340
20,5/4900	1,7	34,4	31	1,6	»	1160	1500	1500
24,2/5790	1,5	34,8	19	1,3	От порошкообр. до сл. спекш. Порошкообр.	1100	1250	1280
18,4/4390	1,2	34,4	16	1,4	»	1350	1450	1500
13,4/3180	9	28,3	50	—	»	1130	1300	1320
17,1/4080	8,5	30	47	0,85	»	1200	1400	1450
10,1/2400	9	27,2	59	1	»	1300	1380	1400
10,7/2560	10,5	27,8	58	0,85	»	1200	1250	1260
9,2/2160	10,5	25,7	56	1	»	1380	1460	1500
22,5/5350	1,5	34,1	9	1,5	»	>1500	—	—
10,2/3380	8,5	24,7	50	1,3	»	1350	>1500	>1500
10,4/2480	9,5	25,4	45	1,3	»	1200	1400	1450
12,7/3040	11	26,8	43	—	»	1100	1260	1290
9,5/2270	13	24,7	50	—	»	—	—	—
20/4790	2,5	33,5	42	—	Спекш. Порошкообр.	1150	1500	—
14/3330	10	28,9	45	1,3	»	1150	1250	1300



**Коэффициенты пересчета состава твердого топлива  
с одной массы на другую**

Заданная масса топлива	Искомая масса топлива		
	рабочая	сухая	горючая
Рабочая	1	$\frac{100}{100 - W^P}$	$\frac{100}{100 - W^P - A^P}$
Сухая	$\frac{100 - W^P}{100}$	1	$\frac{100}{100 - A^C}$
Горючая	$\frac{100 - W^P - A^P}{100}$	$\frac{100 - A^C}{100}$	1

Примечание. Удельная теплота сгорания условного топлива 29,33 МДж (7000 ккал/кг).

### Классификация углей

**Бурые угли (Б):** неспекающиеся с высоким выходом летучих (>40% на горючую массу) и высшей теплотой сгорания рабочей массы беззольного угля < 24 МДж/кг (5700 ккал/кг); по рабочей влажности: Б1 > 40%, Б2 от 30 до 40% и Б3 до 30%.

**Каменные угли:** высшая теплота сгорания рабочей массы беззольного угля > 24 МДж/кг (5700 ккал/кг) и с массовым выходом летучих в условной горючей массе > 9%.

**Марки каменных углей:** длиннопламенный — Д; газовый — Г; газовый жирный — ГЖ; жирный — Ж; коксовый жирный — КЖ; коксовый — К; отощенный спекающийся — ОС; тощий — Т; слабо-спекающийся — СС.

**Антрациты (А) и полуантрациты (ПА);** массовый выход летучих < 9%.

**Классы углей по размеру куска (ГОСТ 19242-73).** Каменные угли и антрациты: плитный (П) > 100 мм, крупный (К) 50—100 мм, орех (О) 25—50 мм, мелкий (М) 13—25 мм, семечко (С) 6—13 мм, штыб (Ш) менее 6 мм, рядовой (Р) не более 200 мм при шахтной и не более 300 мм при карьерной добыче, мелкий и семечко со штыбом (МСШ) менее 25 мм, семечко со штыбом (СШ) менее 13 мм. Бурые угли: БК (бурый крупный), а также БО, БМ, БР — размеры те же, что и каменных углей соответствующих марок; семечко со штыбом (БСШ) не менее 13 мм. Размер кусков рядового угля, добываемого открытым способом, не должен превышать 300 мм.

Обычно к условному обозначению марки приписывают условное обозначение класса, например: бурый мелкий — БМ; газовый орех — ГО; антрацит семечко — АС. Смеси различных по крупности классов обозначаются: БОМ — бурый орех с мелочью; БМСШ — бурый мелкий с семечком и штыбом; АСШ — антрацит с семечком и штыбом и т. п.

Мазут (по ГОСТ 10585-75)

Марка	Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup> , не более	Вязкость условная при 80 °С, град., не более	Зольность, %, не более	Содержание серы, %, не более		
				для мало-сернистого	для сернистого	для высоко-сернистого
40В с государственным Знаком качества	—	6	0,04	0,5	2	—
40	—	8	0,12	0,5; 1	2	3,5
100В с гос. Знаком качества	1,015	10	0,05	0,5	2	—
100	1,015	16	0,14	0,5; 1	2	3,5

Продолжение

Марка	Механические примеси, %, не более	Содержание воды, %, не более	t вспышки, °С, не ниже (в открытом тигле)	t застывания, °С, не ниже <sup>1</sup>	Q <sub>н</sub> <sup>P</sup> , МДж/кг (ккал/кг), не менее	
					для мало-сернистого и сернистого	для высоко-сернистого
40В с государственным Знаком качества	0,07	0,3	90	10/25	40,74 (9700)	—
40	0,8	1,5	90	10/25	40,74 (9700)	39,9 (9500)
100В с государственным Знаком качества	0,2	0,3	110	25/42	40,53 (9650)	—
100	1,5	1,5	110	25/42	40,53 (9650)	38,9 (9500)

<sup>1</sup> За чертой — t застывания для мазута из высокопарафинистых нефтей.

Примечание. Для мазута марок 40В, 40, 100В и 100 при перевозке его по воде и подогреве острым паром  $W_{пред}^P = 5\%$ .

## Природные газы

Газопровод	Состав газа по объему, %							Низшая теплота сгорания сухого газа, $\frac{\text{МДж/м}^3}{\text{ккал/м}^3}$	Плотность при 0° С и 760 мм рт. ст. $\rho_{\text{г}}^{\text{с}}$ , кг/м <sup>3</sup>
	СН <sub>4</sub>	С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub>	С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub>	С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub>	С <sub>5</sub> Н <sub>12</sub> и более тяжелые	Н <sub>2</sub>	СО <sub>2</sub>		
Брянск — Москва	92,8	3,9	1,1	0,4	0,1	1,6	0,1	37,4/8910	0,776
Бухара — Урал	94,9	3,2	0,4	0,1	0,1	0,9	0,4	36,7/8770	0,758
Газли — Каган	95,4	2,6	0,3	0,2	0,2	1,1	0,2	36,6/8740	0,750
Газли — Каган — Ташкент	94	2,8	0,4	0,3	0,1	2	0,4	36,3/8660	0,751
Гоголево — Полтава	85,8	0,2	0,1	0,1	0	13,7	0,1	31/7400	0,789
Дашава — Киев	98,9	0,3	0,1	0,1	0	0,4	0,2	35,8/8570	0,712
Джаркак — Ташкент	95,5	2,7	0,4	0,2	0,1	1	0,1	36,7/8760	0,748
Игрим — Пунга — Серов — Нижний Тагил*	95,7	1,9	0,5	0,3	0,1	1,3**	—	36,5/8710	0,741
Карабулак — Грозный	68,5	14,5	7,6	3,5	1	3,5	1,4	45,8/10950	1,036
Карадаг — Тбилиси — Ереван	93,9	3,1	1,1	0,3	0,1	1,3	0,2	37,1/8860	0,766
Коробки — Жирное — Камышин	81,5	8	4	2,3	0,5	3,2	0,5	41,5/9900	0,901
Коробки — Лог — Волгоград	93,2	1,9	0,8	0,3	0,1	3	0,7	35,9/8560	0,766
Кумертау — Ишимбай — Магнитогорск	81,7	5,3	2,9	0,9	0,3	8,8	0,1	36,8/8790	0,858
Линево — Кологривовка — Вольск	93,2	2,6	1,2	0,7	—	2	0,3	37/8840	0,782
Оренбург — Совхозное*	91,4	4,1	1,9	0,6	—	0,2	0,7	38/9080	0,883
Первомайск — Сторожевка	62,4	3,6	2,6	0,9	0,2	30,2	0,1	28,3/6760	0,952
Промысловка — Астрахань	97,1	0,3	0,1	0	0	2,4	0,1	35,1/8370	0,733
Рудки — Минск — Вильнюс и Рудки — Самбор	95,6	0,7	0,4	0,2	0,2	2,8	0,1	35,5/8480	0,740

Продолжение

Газопровод	Состав газа по объему, %							Низшая теплота сгорания сухого газа, $\frac{\text{МДж/м}^3}{\text{ккал/м}^3}$	Плотность при 0° С и 760 мм рт. ст. $\rho_{\text{г}}^{\text{с}}$ , кг/м <sup>3</sup>
	СН <sub>4</sub>	С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub>	С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub>	С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub>	С <sub>5</sub> Н <sub>12</sub> и более тяжелые	Н <sub>2</sub>	СО <sub>2</sub>		
Саратов — Горький	91,9	2,1	1,3	0,4	0,1	3	1,2	36,2/8630	0,786
Саратов — Москва	84,5	3,8	1,9	0,9	0,3	7,8	0,8	35,9/8550	0,837
Саушино — Лог, Волгоград	96,1	0,7	0,1	0,1	0	2,8	0,2	35,1/8390	0,741
Серпухов — Ленинград	89,7	5,2	1,7	0,5	0,1	2,7	0,1	37,5/8940	0,799
Средняя Азия — Центр	93,8	3,6	0,7	0,2	0,4	0,7	0,6	37,6/8970	0,776
Ставрополь — Москва (I нитка)	93,8	2	0,8	0,3	0,1	2,6	0,4	36,2/8620	0,764
Ставрополь — Москва (II нитка)	92,8	2,8	0,9	0,4	0,1	2,5	0,5	36,6/8730	0,772
Ставрополь — Москва (III нитка)	91,2	3,9	1,2	0,5	0,1	2,6	0,5	37,1/8840	0,786
Ставрополь — Невинномысск — Грозный	98,2	0,4	0,1	0,1	0	1	0,2	35,7/8510	0,728
Угерско — Стрый, Угерско — Киев, Угерско — Львов	98,5	0,2	0,1	0	0	1	0,2	35,5/8480	0,722
Урицк — Сторожевка	91,9	2,4	1,1	0,8	0,1	3,2	0,5	36,5/8710	0,789
Хаджи-Абад — Фергана	85,9	6,1	1,5	0,8	0,6	5	0,1	38,4/9160	0,832
Шебелинка — Брянск — Москва	94,1	3,1	0,6	0,2	0,8	1,2	—	37,9/9045	0,776
Шебелинка — Острожжск, Шебелинка — Днепропетровск, Шебелинка — Харьков	92,8	3,9	1	0,4	0,3	1,5	0,1	37,4/8910	0,781

\* В составе газа содержится СО в объеме 0,2 и 1,1% соответственно.

\*\* Не.

Попутные газы

Производственное объединение	Газопровод	Состав газов по объему, %								Низшая теплота сгорания сухого газа $Q_{H}^c$ МДж/м <sup>3</sup> ккал/м <sup>3</sup>	Плотность при 0° С и 760 мм рт. ст. $\rho_{г}^c$ , тл <sup>3</sup> кг/м <sup>3</sup>
		CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> и более тяжелые	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>		
Башнефтегаз	Туймазы—Уфа	50	22	9,8	1,2	0,4	16,6	—	—	42/10 280	1,095
»	Шкапово—Туймазы	44,1	22	5,2	1,4	0,3	27	—	—	36,6/8750	1,095
Грознефть	Вознесенская—Грозный, Карабулак—Грозный	76,7	13,2	5,4	2,5	2,2	—	—	—	46/11 230	0,971
Краснодарнефть	На входе в г. Краснодар, Крымск и Новоросси́йск	91,2	3,9	2	0,9	0,2	—	1,8	—	38,4/9140	0,810
Куйбышевнефть	Безенчук—Чапаевск	42,7	19,6	12,6	5,1	1,3	16,9	1	0,8	46/11 220	1,196
»	Кулешовка—Куйбышев	58	17,2	7,4	2	0,5	13,6	0,8	0,5	41,6/9 970	1,052
Пермьнефть	Каменный Лог—Пермь	38,7	22,6	10,7	2,7	0,7	23,8	0,8	—	41,6/10 120	1,196
»	Ярино—Пермь	38	25,1	12,5	3,3	1,3	18,7	1,1	—	45,9/11 200	1,196
Миннибаевский газоперегонный завод (Татарская АССР)	Казань—Бугульма—Лениногорск—Альметьевск <sup>1</sup>	53,6	22,8	6,1	0,9	0,2	15,8	0,2	—	40,6/9700	1,046
Туркменнефть	Барса-Гельмес—Вышка—Небит-Даг, Кызыл-Кум—Кум-Даг—Небит-Даг, Котур-Тепе—Челекен и др.	93,9	3,4	1,3	0,7	0,2	0,1	0,4	—	38,1/9100	0,778
Ухтакомбинат	Тэбук—Сосновка	48,2	18,2	11,9	3,3	1	16,5	0,9	—	45/10 780	1,164

<sup>1</sup> В составе газа содержится O<sub>2</sub> в объеме 0,4%.

Промышленные газы

Вид газа	Состав газов по объему, %							Низшая теплота сгорания сухого газа, $Q_{H}^c$ МДж/м <sup>3</sup> ккал/м <sup>3</sup>	Плотность при 0° С и 760 мм рт. ст. $\rho_{г}^c$ , кг/м <sup>3</sup>
	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S		
Газ доменных печей, работающих на коксе и с добавкой природного газа	0,3	55	12,5	0,2	27	5	—	3,8/903	1,194
Газ коксовых печей	25,5	3	2,4	0,5	6,5	59,5	2,3	16/4050	0,424

ОСНОВНЫЕ МАРКИ СТАЛИ ДЛЯ ПАРОВЫХ КОТЛОВ, ТРУБОПРОВОДОВ И ТУРБИН

Стали для паровых котлов и трубопровода

Марка стали	Назначение	Химический состав, %							Прочие элементы
		C	Mn	Si	Mo	V	Cr	Ni	
<b>Углеродистые</b>									
10	(1)	0,07—0,14	0,35—0,65	0,17—0,37	—	—	Не более 0,25	—	} Во всех углеродистых сталях: Cu ≤ 0,25 P и S ≤ 0,04
20	(1)	0,17—0,24	0,35—0,65	0,17—0,37	—	—	Не более 0,25	Не более 0,3	
20К	(2)	0,16—0,24	0,35—0,65	0,15—0,30	—	—	Не более 0,3	Не более 0,25	
22К	(2)	0,18—0,23	0,70—0,90	0,17—0,37	—	—	Не более 0,3	Не более 0,3	
<b>Легированные</b>									
16ГНМ	(4)	0,12—0,20	0,7—1	0,17—0,37	0,40—0,53	—	Не более 0,3	1,0—1,5	Cu ≤ 0,2
10Г2С1	(4)	0,12	1,3—1,65	0,9—1,2	0,4—0,5	0,08—0,12	Не более 0,3	Не более 0,3	Cu ≤ 0,3
15ГС	(4)	0,12—0,18	0,9—1,3	0,7—1,0	—	—	≤ 0,3	≤ 0,3	Cu ≤ 0,3
12МХ	(5)	0,09—0,16	0,4—0,7	0,15—0,3	0,40—0,6	—	0,4—0,6	0,25	P ≤ 0,02 S ≤ 0,02 Cu ≤ 0,2

Марка стали	Назначение	Химический состав, %							
		C	Mn	Si	Mo	V	Cr	Ni	Прочие элементы
15ХМ	(6)	0,11—0,16	0,4—0,7	0,17—0,37	0,40—0,55	—	0,8—1,1	0,25	$P$ и $S \leq 0,02$ $Co = 1,3 \div 1,5$ $Nb = 0,5 \div 0,8; W = 0,25$ $W = 1,7 \div 2,2$ $Ti = 0,8$ $W = 2 \div 2,75$ $W = 2 \div 2,75;$ $Nb = 0,9 \div 1,3;$ $P \leq 0,03$ и $S \leq 0,02$ $Nb = 0,9 \div 1,3;$ $W = 2,0 \div 2,75;$ $P \leq 0,03$ и $S \leq 0,02$ $W = 2,0 \div 3,0;$ $Nb = 0,6 \div 1;$ $P \leq 0,03$ и $S \leq 0,02$
12Х1МФ	(7)	0,08—0,15	0,4—0,7	0,17—0,37	0,25—0,35	0,15—0,30	0,9—1,0	0,25	
15Х1М1Ф	(8)	0,10—0,16	0,4—0,7	0,15—0,35	0,9—1,1	0,20—0,35	1,1—1,4	0,25	
12Х2МФСР	(9)	0,08—0,15	0,4—0,7	0,4—0,7	0,5—0,7	0,20—0,35	1,6—1,9	0,25	
15ХМФКР (П-1)	(9)	0,14—0,18	0,4—0,6	0,17—0,37	0,9—1,2	0,25—0,35	1,0—1,3	—	
12Х2МФВ (ЭИ-531)	(9)	0,08—0,12	0,4—0,7	0,4—0,7	0,5—0,7	0,2—0,35	2,1—2,6	0,25	
1Х12В2МФ (ЭИ-756)	(10)	0,1—0,17	0,5—0,8	0,5	0,6—0,9	0,15—0,3	11—13	0,6	
Аустенитные									
Х18Н10Т	(10)	0,12	1,0—2,0	0,8	—	—	17—19	11—13	
1Х14Н14В2М (ЭИ-257)	(10)	0,15	0,7	0,3—0,8	0,4—0,6	—	13—15	13—15	
1Х18Н18В2БР (ЭИ-695Р)	(11)	0,07—0,12	1,0—2,0	0,6	—	—	13—15	18—20	
1Х16Н14В2БР	(11)	0,07—0,12	1,0—2,0	0,6	—	—	15—18	13—15	
1Х16Н16МВ2БР	(11)	0,06—0,11	0,6	0,8	0,4—0,9	—	15—17	15—17	

## Примечание.

- (1) — трубы бесшовные для камер ( $t \leq 450^\circ C$ ) и поверхностей нагрева ( $t \leq 475^\circ C$ ); трубопроводы с  $p_y < 8$  МПа.  
(2) — лист для барабанов ( $p \leq 6$  МПа); трубопроводы горючего газа, маслопроводы и мазутопроводы.  
(3) — лист для барабанов ( $p \leq 12,5$  МПа).  
(4) — лист для барабанов ( $p \leq 13,5$  МПа).  
(5) — трубы для камер и поверхностей нагрева ( $t \leq 540^\circ C$ ).  
(6) — трубы для камер ( $t \leq 550^\circ C$ ) и поверхностей нагрева ( $t \leq 560^\circ C$ ).  
(7) — трубы для камер и поверхностей нагрева ( $t \leq 580^\circ C$ ).  
(8) — трубы для камер и паропроводов ( $t \leq 580^\circ C$ ).  
(9) — камеры, паропроводы и трубы поверхностей нагрева ( $t \leq 600^\circ C$ ).  
(10) — трубы для камер и поверхностей нагрева ( $t \leq 650^\circ C$ ).  
(11) — камеры и трубы поверхностей нагрева ( $t \leq 700^\circ C$ ).

Номинальные допускаемые напряжения для сталей паровых котлов  $\sigma_{доп}^*$ , МПа

## Углеродистые и легированные марганцовистые

Расчетная температура стенки, °С	Марка стали								
	10	20, 20К	25	22К	16ГС (ЗН)	09Г2С (М)	10Г2С1 (МК)	15ГС	16ГНМ
20	130	147	165	170	170	170	177	185	200
250	112	132	147	150	145	145	164	165	185
275	106	126	140	146	140	140	160	161	184
300	100	119	132	140	134	134	153	153	182
320	95	114	125	136	130	130	148	145	181
340	90	109	119	130	125	125	141	137	180
360	85	103	112	—	120	120	135	129	172
380	81	97	106	—	115	115	128	121	—
400	77	92	100	—	110	110	120	113	—
410	75	89	96	—	—	—	—	107	—
420	72	86	93	—	—	—	—	102	—
430	68	83	86	—	—	—	—	97	—
440	60	73	77	—	—	—	—	90	—
450	53	64	68	—	—	—	—	83	—
460	47	56	59	—	—	—	—	—	—
470	42	49	52	—	—	—	—	—	—
480	37	48	45	—	—	—	—	—	—
490	32	38	39	—	—	—	—	—	—
500	30	34	34	—	—	—	—	—	—

Теплостойкие легированные

Приведенные в таблицах значения  $\sigma_{\text{доп}}^*$  являются минимальными значениями из вычисленных по трем следующим условиям:

$$\sigma_{\text{доп}}^* \leq \frac{\sigma_{\text{в}}^t}{n_{\text{в}}}; \quad \sigma_{\text{доп}}^* \leq \frac{\sigma_{\text{т}}^t}{n_{\text{т}}}; \quad \sigma_{\text{доп}}^* \leq \frac{\sigma_{\text{д.п}}^t}{n_{\text{д.п}}},$$

в которых характеристики прочности приняты по ГОСТ 10802-64, а для сталей, не вошедших в упомянутый ГОСТ, — по минимальным значениям  $\sigma_{\text{т}}^*$  и  $\sigma_{\text{в}}^*$  в среднему (с отклонением  $\pm 20\%$ ) значению  $\sigma_{\text{д.п}}^*$ , полученным из опытных данных.

При значениях  $\sigma_{\text{доп}}^*$  заключенных в скобки, выбор толщины стенки следует производить с учетом потери на окисление. При  $t$  стенки выше  $540^\circ\text{C}$  указанные в таблице значения  $\sigma_{\text{доп}}^*$  для аустенитных сталей применимы при величине зерна в пределах 3—7 баллов по шкале ГОСТ.

Принятые значения  $\sigma_{\text{доп}}^*$  получены на основе соответствующих запасов прочности к следующим характеристикам: пределу текучести  $\sigma_{\text{т}}^t$ , временному сопротивлению  $\sigma_{\text{в}}^t$  и условному (разрушение через 100 000 ч) пределу длительной прочности  $\sigma_{\text{д.п}}^t$ , определенным испытаниями материала при одноосном растяжении. Приняты следующие запасы прочности:  $n_{\text{т}} = n_{\text{д.п}} = 1,5$ ;  $n_{\text{в}} = 2,6$ .

В нормах не регламентируется соблюдение запаса к условному пределу ползучести (деформации 1% за 100 000 ч), так как при соблюдении необходимого запаса по длительному разрушению нет оснований рассматривать деформацию ползучести 1% как предельно допустимую для котельных деталей.

Допускаемое напряжение определяется по формуле

$$\sigma_{\text{доп}} = \eta \sigma_{\text{доп}}^*$$

Значения  $\eta$

Бараны или камеры бесшовные и сварные:	
а) необогреваемые (вынесенные из газохода или надежно изолированные) . . . . .	1,0
б) обогреваемые . . . . .	0,9
Трубы поверхностной нагрева и трубопроводов, находящиеся под внутренним давлением . . . . .	1,0
Трубы с наружным диаметром не более 200 мм, подверженные наружному давлению . . . . .	0,7
Жаровые трубы, подверженные наружному давлению . . . . .	0,5
Выпуклые днища:	
а) находящиеся под внутренним давлением . . . . .	1,05
б) находящиеся под наружным давлением . . . . .	0,75
в) днища жаротрубных котлов . . . . .	0,6
Прямоугольные камеры:	
а) обогреваемые . . . . .	0,9
б) необогреваемые . . . . .	1,0
Плоские днища (в зависимости от конструкции днища и расположения сварного шва) . . . . .	0,60—1,0
Укрепленные плоские стенки . . . . .	0,85
Анкерные связи и трубы . . . . .	0,4
Бараны с заклепочными соединениями (в зависимости от конструкции заклепочного соединения) . . . . .	0,61—0,72

Расчетная температура стенки, °C	Марка стали									
	12МХ	15ХМ	12Х1МФ	15Х1МФ	12Х2МФБ (ЭИ631)	12Х2МФСР	1Х12Б2МФ (ЭИ766)	X18H10T, X18H12T, X14H14B2M (ЭИ257)	X14H18B2EP (ЭИ689)	X16H14B2EP (ЭП17), X16H16B2M2EP (ЭП184)
20	147	153	173	192	140	167	200	146	—	—
250	145	152	166	186	129	160	—	125	—	—
300	141	147	159	180	127	153	—	120	—	—
350	137	142	152	172	123	147	—	116	—	—
400	132	137	145	162	120	140	—	111	—	—
420	129	135	141	158	119	137	—	110	—	—
440	126	132	139	154	117	134	—	108	—	—
460	123	130	136	150	116	131	—	106	—	—
480	121	126	133	145	95	128	—	105	—	—
500	96	103	126	140	80	122	—	104	—	—
510	83	89	118	132	73	115	—	103	—	—
520	69	78	107	120	67	104	—	103	—	—
530	57	69	93	106	61	93	—	102	—	—
540	47	60	83	94	57	83	—	102	—	—
550	(34)	50	74	85	51	74	107	101	115	—
560	—	42	67	76	47	67	97	101	114	—
570	—	(34)	60	68	43	60	87	97	112	—
580	—	—	53	61	39	53	78	90	109	—
590	—	—	(46)	(54)	36	(46)	70	81	106	—
600	—	—	(40)	(46)	(33)	(40)	62	74	103	—
610	—	—	—	—	(30)	(35)	54	68	99	—
620	—	—	—	—	(27)	(30)	45	62	95	—
630	—	—	—	—	(25)	(25)	38	57	90	—
640	—	—	—	—	(21)	(21)	31	52	85	—
650	—	—	—	—	(16)	(16)	26	48	80	—
660	—	—	—	—	—	—	—	45	72	—
670	—	—	—	—	—	—	—	41	63	—
680	—	—	—	—	—	—	—	38	57	—
690	—	—	—	—	—	—	—	34	50	—
700	—	—	—	—	—	—	—	30	46	—

Указанные в таблицах значения  $\sigma_{\text{доп}}^*$  действительны при условии, что сталь подвергалась термообработке, установленной стандартами или ТУ, указанным в Правилах по паровым котлам, и что получаемые в результате термообработки свойства стали сохраняются после всех технологических операций при изготовлении и монтаже котельных элементов.

Марка стали	Химический состав, %								
	C	Mn	Si	Mo	V	Cr	Ni	Прочие элементы	Область применения: t, °C
Перлитного класса									
30ХМ	0,26—0,34	0,4—0,7	0,17—0,37	0,15—0,25	—	0,8—1,1	≤ 0,25	Cu ≤ 0,20	Поковки 450
34ХМ	0,3—0,4	0,4—0,7	0,17—0,37	0,2—0,3	—	0,9—1,3	≤ 0,5	Cu ≤ 0,25	Роторы и диски 450
35ХМ	0,32—0,4	0,4—0,7	0,17—0,37	0,15—0,25	—	0,8—1,1	≤ 0,25	Cu ≤ 0 ÷ 2	Детали клапанов 450
38ХЮ	0,35—0,43	0,2—0,5	0,17—0,37	—	—	1,5—1,8	≤ 0,25	Al ≤ 0,5—0,8; Cu ≤ 0,2	
34ХН1М	0,3—0,4	0,5—0,8	0,17—0,37	0,2—0,3	—	1,3—1,7	1,3—1,7	Cu ≤ 0,25	Роторы и диски ≤ 400
34ХН3М	0,3—0,4	0,5—0,8	0,17—0,37	0,25—0,4	—	0,7—1,1	2,75—3,25	Cu ≤ 0,25	
50ХФА	0,46—0,54	0,5—0,8	0,17—0,37	—	0,1—0,2	0,8—1,1	≤ 0,4	Cu ≤ 0,25	Пружины —
60С2	0,57—0,63	0,6—0,9	1,5—2	—	—	≤ 0,3	≤ 0,4	Cu ≤ 0,25	
25Х1М1Ф	0,22—0,29	0,4—0,7	0,17—0,37	0,6—0,8	0,15—1,8	1,5—1,8	≤ 0,25	Cu ≤ 0,20	Роторы и диски ≤ 540
25Х1МФ	0,22—0,29	0,4—0,7	0,17—0,37	0,25—0,35	0,15—0,3	1,5—1,8	≤ 0,25	Cu ≤ 0,2	Крепеж ≤ 510
20Х3МВФ	0,16—0,24	0,25—0,5	0,17—0,37	0,35—0,55	0,6—0,85	2,8—3,3	≤ 0,25	W = 0,3 ÷ 0,5; Cu ≤ 0,2	Роторы и диски —
35ХН1М2Ф	0,32—0,4	0,5—0,8	0,17—0,37	0,4—0,5	0,1—0,2	1,3—1,7	1,3—1,7	Cu ≤ 0,25	Поковки диафрагм ≤ 580
15Х2М2ФБС	0,13—0,18	0,5—0,8	0,7—1	1,2—1,5	0,26—0,4	1,8—2,3	≤ 0,3	Nb = 0,08 ÷ 15; Cu ≤ 0,3	—
25Х2М1Ф	0,22—0,29	0,4—0,7	0,17—0,37	0,9—1,1	0,3—0,5	2,1—2,6	≤ 0,25	Cu ≤ 0,2	Крепеж ≤ 550
20Х1М1Ф1ТР	0,17—0,24	≤ 0,5	≤ 0,35	0,8—1,1	0,7—1	0,9—1,4	≤ 0,5	Ti до 0,12	» ≤ 580
20ХМФБР	0,17—0,26	0,5—0,8	0,37	0,8—1,1	0,7—1	1—1,5	≤ 0,45	Cu ≤ 0,2; Nb ≤ 0,15	» ≤ 580

Продолжение

Марка стали	Химический состав, %								
	C	Mn	Si	Mo	V	Cr	Ni	Прочие элементы	Область применения: t, °C
Хромистые нержавеющие									
1Х13	0,09—0,15	≤ 0,6	≤ 0,6	—	—	12—14	—	—	Лопатки и бабдажи 500'
2Х13	0,16—0,24	≤ 0,6	≤ 0,6	—	—	12—14	≤ 0,6	S = 0,02; P = 0,03	Лопатки 500
1Х11МФ	0,12—0,19	≤ 0,7	≤ 0,5	0,6—0,8	0,25—0,4	10—11,5	—	C ≤ 0,3	Лопатки до 550
1Х12ВНФМ	0,12—0,18	0,5—0,9	≤ 0,4	0,5—0,7	0,15—0,3	11—13	0,4—0,8	W = 0,7 ÷ 1,1	» 550—580; Диафрагмы 550—565 Диски и роторы ≤ 550
18Х11МФВ	0,15—0,21	0,6—1	≤ 0,6	0,8—1,1	0,2—0,4	10—11,5	0,5—1	Nb = 0,2 ÷ 0,45	Лопатки и поковки ≤ 575
2Х12ВМФР	0,15—0,22	≤ 0,5	≤ 0,5	0,4—0,7	0,15—0,3	11—13	—	W = 0,4 ÷ 0,7; Nb = 0,2 ÷ 0,4; Cu ≤ 0,3; S = 0,02; P = 0,03	Крепеж, лопатки, диски и роторы До 580

Аустенитные

Х23Н18	≤ 0,2	≤ 2	≤ 1	—	—	22—25	17—20	Cu ≤ 0,3; S = 0,02; P = 0,03	Лопатки, поковки и бабдажи 650—700
1Х16Н13М2В	0,06—0,12	≤ 1	0,8	2—2,5	—	15—17	12,5—14	Nb = 0,9 ÷ 1,3	Роторы и диски ≤ 600

Марка стали	Химический состав, %								Область применения; t, °C
	C	Mn	Si	Mo	V	Cr	Ni	Прочие элементы	
КН35ВТ	≤ 0,12	1—2	≤ 0,6	—	—	14—16	34—38	W = 2,8 ÷ 3,5; Ti = 1,1 ÷ 1,5; Cu ≤ 0,3; S = 0,02; P = 0,03	Роторы, диски, лопатки и крепеж < 600
ЭЖ19Н9МВБТ	0,28—0,35	0,8—1,5	≤ 0,8	1—1,5	—	18—20	8—10	W = 1,0 ÷ 1,5; Nb = 0,2 ÷ 0,5; Ti = 0,2 ÷ 0,5	Роторы, диски и лопатки До 700
К14Н18В2БР1	0,07—0,12	1—2	≤ 0,6	—	—	13—15	18—20	W = 2 ÷ 2,75; Nb = 0,9 ÷ 1,3; Cu ≤ 0,3; S = 0,02; P = 0,03	То же До 700
ЭИ-612К	0,1	1,2	0,5	—	—	14—16	34—38	W = 2,8 ÷ 3,5; Ti = 1,2 ÷ 1,6; Co = 3,5 ÷ 4,5	Лопатки и диски До 700

## Для отливок

15Х1МФЛ	0,14—0,2	0,4—0,7	0,15—0,37	0,9—1,2	0,25—0,4	1,2—1,7	0,3	Co = 1,3 ÷ 1,5 Ti = 0,1 ÷ 0,2	Литые детали ≤ 570 То же 580—600
15ХМФКРЛ	0,12—0,18	0,4—0,6	0,17—0,37	0,9—1,2	0,2—0,35	1—1,3	—		
Х25Н13АТЛ	0,13—0,20	1—1,5	0,7	—	—	23,5—26	12—14	—	» » ≤ 540
20ХМФЛ	0,18—0,25	0,4—0,7	0,15—0,37	0,5—0,7	0,2—0,3	0,9—1,2	0,3	—	» » ≤ 650
ЭИ-402Л	≤ 0,12	0,5—1	0,55	—	—	17—19	11—13	Nb = 1,1	

## Маркировка стали окраской концов или торцов

Присутствие легирующих элементов обозначается на стали полосами следующего цвета:

Хромистая . . . . .	Зеленый + желтый
Хромованадиевая . . . . .	Зеленый + черный
Молибденовая . . . . .	Фиолетовый
Хромомолибденовая . . . . .	Зеленый + фиолетовый
Хромоалюминиевая и хромомолибдено- алюминиевая . . . . .	Алюминиевый
Хромомолибденованадиевая . . . . .	Фиолетовый + коричневый
Никелевая . . . . .	Желтый + синий
Никелемолибденовая . . . . .	Желтый + фиолетовый
Хромоникелевая . . . . .	Желтый + черный
Хромоникелеванадиевая . . . . .	Коричневый + черный
Хромоникелемолибденовая . . . . .	Фиолетовый + черный
Хромоникелемолибденованадиевая . . . . .	Фиолетовый + синий

Сталь углеродистая в зависимости от ее марки окрашивается в следующие цвета:

0,8—20 . . . . .	Белый
25—40 . . . . .	Белый + желтый
45—85 . . . . .	Белый + коричневый
15Г—40Г . . . . .	Коричневый
50Г—70Г . . . . .	Коричневый + зеленый
10Г2 . . . . .	Коричневый + желтый
30Г2—50Г2 . . . . .	Коричневый + синий
Ст0, МСт0 и БСт0	Красный + зеленый
Ст1 . . . . .	Белый + черный
Ст2, МСт2 . . . . .	Желтый
Ст3, МСт3 и БСт3	Красный
Ст4, МСт4 и БСт4	Черный
Ст5, МСт5 и БСт5	Зеленый
Ст6, МСт6 и БСт6	Синий
Ст7 и МСт7	Красный + коричневый

Прочностные характеристики стали и

Марка стали	Термообработка	Механические свойства при 20° С		
		$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_{0.2}$ , %
<b>Перлитного</b>				
30ХМ	Отжиг, закалка, нормализация	600—700	400	18
35ХМ		70—95	500—750	14
38ХЮ	Закалка, азотирование	900	750	10
34ХН1М	Отжиг, закалка, отпуск	820	660	14
34ХН3М		820	660	14
50ХФА	Закалка, отпуск	1300	1100	10
60С2		1300	1200	5
25Х1М1Ф	Нормализация, отпуск	650	450	16
25Х2МФ		900	750	14
20Х3М3Ф	Отжиг, закалка, отпуск	900	750	12
35ХН1М2Ф		870	750	14
15Х2М2ФБС	Нормализация, отпуск	640—780	45—580	17
25Х2М1Ф		900	750	10
20Х1М1Ф1ТР	Отжиг, закалка, отпуск	80—900	70—800	15
20ФМФБР		800—900	680—800	15

Примечание. В скобках приведены  $t$ , при которых получены приве-

Марка стали	Термообработка	Механические свойства при 20° С			$\sigma_{д, п}$	
		$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_{0.2}$ , %	500	525
<b>Хромистые</b>						
1Х13	Отжиг, закалка, отпуск	630	450	20	120	—
2Х13		700	500	18	160	76 (530)
1Х11МФ	Закалка, высокий отпуск	720	550—680	15	—	—
1Х12ВНМФ		750	600	15	250	—
18Х11МФБ	Нормализация, отпуск	770	600—730	14	—	—
2Х12ВМБФР		900	700—800	16	310	—
<b>Аусте</b>						
Х23Н18	Закалка, старение	500	200	36	—	—
1Х16Н13М2Б		550	240	30	—	—
ХН35ВТ	Закалка, двойное старение	750	400	15	360	330
3Х19Н9МВБТ		650	350	20	—	—
1Х14Н18В2БР1	Аустенизация	500	220	25	—	250 (520)
ЭИ-612К		750	410	15	400	—

Примечания: 1.  $\sigma_B$  — временное сопротивление (предел прочности),  $\sigma_{0.2}$  — предел для остаточной деформации 0,2%, МПа;  $\sigma_{0.1}$  — относительное удли- тельной прочности для работы в течение 100 000 ч, МПа;  $\sigma_{п}$  — условный предел

2. Составы жаропрочных сплавов на никелевой основе, применяемые для 3. В скобках приведены  $t$ , при которых получены  $\sigma$ .

сплавов для паровых и газовых турбин

$\sigma_{д, п}$ , МПа, при $t$ , °С					$\sigma_{п}$ , МПа, при $t$ , °С		
500	525	550	575	600	500	550	600
150	100	77	—	—	55	28	—
150	100	77	—	—	55	28	—
—	—	—	—	—	—	—	—
60—78	—	40	32	—	35	12	—
—	—	—	—	—	—	—	—
220—260	180—220	150	100—220	—	140—150	95	—
170	115	60	—	32	80	30	—
—	—	—	—	—	—	—	—
210	—	180	130	70	120	60	22
60—78	—	40	32	—	35	12	—
160	—	110	—	62	—	—	80 (530)
—	—	140	—	—	—	—	—
330	—	28 (540)	20 (580)	—	—	120 (565)	96 (530)
300	260	180 (566)	150 (530)	160	—	110 (565)	—

денные  $\sigma$ .

Продолжение

МПа, при $t$ , °С					$\sigma_{п}$ , МПа, при $t$ , °С		
550	575	600	625	650	550	600	650
<b>нержавеющие</b>							
—	—	—	—	—	30	—	—
130—160	—	—	—	—	90	40—50	—
190	110 (580)	90	70	—	100—120	55	—
170—180	—	80	—	—	120	70	—
220 (560)	—	170 (590)	110 (620)	—	150 (660)	100 (500)	50 (620)
<b>нитные</b>							
—	—	—	—	80	—	—	54
210	—	150	—	95	160—180	90—120	50—70
320	—	210—260	180 (630)	160	—	180	130—140
260 (560)	—	200—240	—	150—170	170 (560)	110—130	80—100
—	230 (565)	200	—	160	—	—	105
340	—	280	—	180—200	—	250	130—140

МПа;  $\sigma_{п}$  — предел текучести (физический), МПа;  $\sigma_{0.2}$  — условный предел теку- щения, %, на пятикратную (десятикратную) длину образца;  $\sigma_{д, п}$  — предел дли- ползучести, МПа (для 1% ва 100 000 ч).

деталей газовых турбин, см. в «Руководящих указаниях ЦКТИ», вып. 16.

Условные обозначения легирующих элементов:

Азот	—А	Кобальт	—К	Никель	—Н
Алюминий	—Ю	Кремний	—С	Ниобий	—Б
Бор	—Р	Марганец	—Г	Титан	—Т
Ванадий	—Ф	Медь	—Д	Фосфор	—П
Вольфрам	—В	Молибден	—М	Хром	—Х
				Цирконий	—Ц

ДАВЛЕНИЯ УСЛОВНЫЕ, ПРОБНЫЕ И РАБОЧИЕ ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ

Марка стали	Наибольшая					
	Ст3, 10, 20, 25, 20Л и 25Л	200	250	300	350	400
15ГС, 16ГС, 20ГСЛ	200	250	300	350	400	400
14ХГС	200	250	320	370	—	—
12МХ	200	320	450	490	500	—
15МХ, 20ХМЛ	200	320	450	490	500	—
12Х1МФ, 20ХМФЛ, 15Х1М1ФЛ	200	320	450	510	520	—
ХБТЛ	200	325	390	425	—	—
ХБМЛ, Х5ВЛ	200	325	390	430	450	—
ХЗВЛ	200	325	390	430	450	—
ХЗМФ	200	350	440	475	510	—
Х18Н10Т, Х18Н12Т, 1Х14Н14В2М, 10Х18Н9Л, 10Х18Н4ГЛ	200	300	400	480	520	—

Условное давление $p_y$ , МПа/(кгс/см <sup>2</sup> )	Пробное давление $p_{пр}$ , МПа	Рабочее давление				
		0,1/1	0,2	0,09	0,08	0,07
0,25/2,5	0,4	0,25	0,2	0,18	0,16	
0,4/4	0,6	0,4	0,36	0,32	0,25	
0,6/6	0,9	0,6	0,56	0,5	0,4	
1/10	1,5	1	0,9	0,8	0,64	
1,6/16	2,4	1,6	1,4	1,25	1	
2,5/25	3,8	2,5	2,2	2	1,6	
4/40	6	4	3,6	3,2	2,5	
6,4/64	9,6	6,4	5,6	5	4	
10/100	15	10	9	8	7,1	
16/160	24	16	14	12,5	10	
20/200	30	20	18	16	12,5	
25/250	35	25	22,5	20	16	
32/320	45	32	28	25	22,5	
40/400	56	40	36	32	25	
50/500	65	50	45	40	32	
64/640	80	64	56	50	40	
80/800	100	80	71	64	50	
100/1000	125	100	90	80	64	

Цифры, следующие за буквой, указывают примерное содержание легирующих элементов в процентах. Если в стали содержится не более 1% легирующего элемента, то цифра не ставится. При содержании легирующего элемента >1% после буквы ставят цифру, соответствующую концентрации этого элемента. Двухзначное число в начале марки обозначает содержание углерода в сотых долях процента, однозначное число в начале марки, принятое в обозначениях марок некоторых высоколегированных сталей, — содержание углерода в десятых долях процента. При содержании в высоколегированных сталях менее 0,08% углерода в начале обозначения марки ставится цифра 0. Цифры перед обозначением марки не ставят в марках высоколегированных сталей, если нижний предел содержания углерода не ограничен при верхнем пределе 0,09% и более.

ДЛЯ АРМАТУРЫ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ СТАЛИ (ПО ГОСТ 356-68)

температура среды, °С									
425	435	445	455	—	—	—	—	—	—
425	435	445	455	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
510	515	520	530	—	—	—	—	—	—
510	515	525	535	545	—	—	—	—	—
530	540	550	560	570	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
470	490	500	510	520	530	540	550	560	575
470	490	500	515	525	540	550	565	580	595
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
560	590	610	630	640	660	675	690	700	710

$p_{раб}$ (избыточное), МПа									
0,06	0,05	0,05	—	—	—	—	—	—	—
0,14	0,12	0,11	0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06
0,22	0,2	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,1	0,1	0,09
0,36	0,32	0,28	0,25	0,22	0,2	0,18	0,16	0,16	0,14
0,56	0,5	0,45	0,4	0,36	0,32	0,28	0,25	0,25	0,22
0,9	0,8	0,7	0,64	0,56	0,5	0,45	0,4	0,4	0,36
1,4	1,25	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,64	0,64	0,56
2,2	2	1,8	1,6	1,4	1,25	1,1	1	1	0,9
3,6	3,2	2,8	2,5	2,2	2	1,8	1,6	1,6	1,4
5,6	5	4,5	4	3,6	3,2	2,8	2,5	2,5	2,2
9	8	7,1	6,4	5,6	5	4,5	4	4	3,6
11,2	10	9	8	7,1	6,4	5,6	5	5	4,5
14	12,5	11,2	10	9	8	7,1	6,4	6,4	5,6
18	16	14	12,5	11,2	10	9	8	8	7,1
22,5	20	18	16	14	12,5	11,2	10	10	9
28	25	22,5	20	18	16	14	12,5	12,5	11,2
36	32	28	25	22,5	20	18	16	16	14
45	40	36	32	28	25	22,5	20	20	18
56	50	45	40	36	32	28	25	25	22

## ТУРБИННЫЕ МАСЛА

**Количество масла в паровых турбинах и среднегодовой расход масла в них**

Тип паровой турбины	Емкость масляной системы, т	Среднегодовой расход масла (за 8760 ч работы), т	Тип паровой турбины	Емкость масляной системы, т	Среднегодовой расход масла (за 8760 ч работы), т
К-6-35	1,5	0,95	Т-100-130	31	10,25
К-12-35	10	3,4	П-6-35/5	1,5	0,95
К-25-90	16	5	ПТ-12-35/10	10	3,4
К-50-90	17	7,2	ПТ-25-90/10	16	5,6
К-100-90	18	8,4	ПТ-50-90/13	18	7,3
К-150-130	25	12,3	ПТ-50-130/7	25	8,3
К-200-130	32	15,9	Р-6-35/3	1,5	0,95
К-300-240	50	34,5	Р-6-90/31	10	2,1
Т-6-35	1,5	0,95	Р-12-90/31	10	3,4
Т-12-35	10	3,4	Р-25-90/31	13	5,1
Т-25-90	17	5,7	Р-50-130/13	20	7,8
Т-50-130	26	8,4			

### Неснижаемый запас масла на электростанции <sup>1</sup>

а) Турбинное масло — каждой применяемой марки — не менее емкости масляной системы наибольшего агрегата и запаса на доливку в размере не менее 45-дневной потребности

б) Смазочные материалы для вспомогательного оборудования — не менее 45-дневной потребности.

### Сроки испытания масла

В паровых турбинах и турбонасосах масло должно подвергаться сокращенному анализу после заливки в масляные системы: не реже 1 раза в 2 мес. при кислотном числе не выше 0,2 мг КОН и полной прозрачности масла; 1 раза в 2 нед при превышении кислотного числа 0,2 мг КОН или при наличии в масле шлама и воды; при резком ухудшении качества масла производится внеочередной анализ.

Масло паровых турбин, кроме того, должно подвергаться цеховому контролю — 1 раз в сутки (в дневную смену), турбинное масло, залитое в систему смазки СК, — сокращенному анализу — 1 раз в 6 мес.

Центрифуги и фильтр-прессы для очистки масла см. стр. 158.

См. также стр. 159.

## Турбинные масла

Показатель	Нормы по ГОСТ 32-74 и 9972-74				Иввиоль-2	Масло турбинное из сернистых нефтей (МРТУ 12Н-18-63, ТСП-22)
	T <sub>II</sub> -22/T-22	T <sub>II</sub> -30/T-30	T <sub>II</sub> -46/T-46	T-57		
Вязкость кинематическая при 50 °С, сСт	20—23	28—32	44—48	55—59	18	20—23
Вязкость условная при 50 °С, °ВУ	2,9—3,3	4—4,5	6—6,5	7,5—8	2,6	2,9—3,3
Кислотное число, мг КОН на 1 г масла, не более	0,05/0,02	0,05/0,02	0,05/0,02	0,05	0,015	0,02
t вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	186/180	190/180	195/195	195	24,7	190
t застывания, °С, не выше	—15	—10	—10	—	—19	—15
Зольность, %, не более	0,005	0,005	0,005/0,01	0,03	—	0,005
Число деэмульсации, мин, не более	5	5	5	5	—	8
Нагровая проба, баллы, не более	2	—/2	—/2	2	—	2
Стабильность:						
а) осадок после окисления, %, не более	0,05/0,10	0,05/0,10	0,08/0,10	—	—	—
б) кислотное число после окисления, мг КОН на 1 г масла, не более	0,1/0,35	0,6/0,35	0,7/0,35	—	—	0,25
Содержание серы, %, не более	0,3/—	0,3/—	0,3/—	—	—	1
Прозрачность при 0 °С						Прозрачно

Примечание. Марка T<sub>II</sub> — масла с присадками.

# ОСНОВНЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

## Формованные, гибкие обволакивающие и др. изделия

Материал и конструкция	Марка	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м · К)	Предел прочности, МПа, не менее	Предельная температура применения, °С
<b>Гибкие изделия</b>				
<b>Минераловатные изделия:</b>				
войлок с битумным связующим	100	0,046	0,005	} 60
	150	0,052		
маты с синтетическими связующими	75	} 0,053 при 25 °С	0,005	} 200
	100			
маты прошивные	100	0,046	—	} 100— в бумажной обертке; 600— в проволочной обертке
	150	0,052		
	200	0,058		
Плиты полужесткие с битумным связующим	250	0,064	—	} 60
	300	0,069		
	350	0,075		
	400	0,081		
Плиты полужесткие с синтетическим связующим	125	} 0,058 при 25 °С	—	} 300
	150			
	200			
<b>Стекловидные изделия</b>				
Маты с синтетическим связующим	35	} 0,046 при 25 °С	0,006	} 200
	50			
Плиты полужесткие с синтетическим связующим	50	} 0,046 при 25 °С	0,012	} 200
	75			
Асбомагнезиальный шнур	—	0,11	—	400

*Продолжение*

Материал и конструкция	Марка	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м · К)	Предел прочности, МПа, не менее	Предельная температура применения, °С
<b>Сыпучие изделия</b>				
Минеральная вата	100	0,057	—	} 600
	150	0,058		
	125	0,046		
Гранулированная минеральная вата	175	0,058	—	} 600
	200	0,060		
Стеклянная вата: из непрерывного волокна дутьевая каолинового состава	130	0,039	—	} 450
	150	0,058		
	—	0,116		
Асбозурит	600	0,174	—	} 1700
	700	0,197		
	800	0,220		
Перлит вспученный	100—250	0,052—0,069	—	200—800
Вермикулит обожженный зернистый	125	0,098	—	1100
<b>Жесткие изделия</b>				
Минераловатные плиты с синтетическим связующим	200	0,58	0,15	} 300
	250	0,64		
То же с битумным связующим	250	0,064	0,11	} 70
	300	0,069		
	350	0,075		
	400	0,081		
Теплоизоляционные плиты из штапельного стекловолокна	А } Б }	0,052	—	120

Материал и конструкция	Марка	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м · К)	Предел прочности, МПа, не менее	Пределная температура применения, °С
Шлаковое пеностекло Блоки из пеностекла	—	0,17 при 25 °С	7	800
	А	0,093	1	} 300
	Б	0,160	1,5	
В	0,139	3		
Диатомовые изделия	500	0,185	0,6	} 900
	600	0,209	0,8	
	700	0,267	1,0	
Пенодиатомовые изделия	350	0,138	} 0,6	} 850
	400	0,156		
	500	0,180		
Асбестосиликатные изделия	250	0,081	0,3	} 600
	325	0,087	0,5	
	400	0,093	0,8	
Асбестоцементные скорлупы	400	0,104	0,25	} 450
	500	0,116	0,30	
Асбестоцементные плиты	300	0,087	0,30	} 450
	400	0,093	0,25	
	500	0,098	0,20	
Совелитовые изделия	350	0,089	0,17	} 500
	400	0,093	0,20	
Перлитовые изделия на цементной связке	250	0,079	0,20	} 600
	300	0,081	0,22	
	350	0,087	0,25	
	400	0,093	0,30	

Продолжение

Материал и конструкция	Марка	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м · К)	Предел прочности, МПа, не менее	Пределная температура применения, °С
Керамические перлитовые изделия	300	0,093	0,6	} 900
	400	0,104	1,0	
	500	0,139	1,5	
Скорлупы и сегменты теплоизоляционные из торфа: при мокром способе изготовления при сухом способе изготовления	Обыкновенная 1000	0,069	0,3	90
		0,081	—	600
Асбестовый картон	1000	0,2	—	600

Материал	Марка или класс	Плотность, кг/м³	Теплопроводность, Вт/(м · °С)	Огнеупорность, °С	Предел прочности при сжатии, МПа
<b>Огнеупорные изделия</b>					
Шамотные изделия	А	—	} 1,22	1730	12,5
	Б	1800		1670	12,5
	В	1900		1580	10,0
Полукислые изделия	А	} 1900	1,22	1710	10
	Б			1670	15
	В			1610	10
Легковесные изделия (шамотные и полукислые)	АЛ-1,3	1300	0,7	} 1670	4,5
	БЛ-1,3	1300	0,7		3,5
	БЛ-1,0	1000	0,6		3,0
	БЛ-0,8	800	0,46		2,0
	БЛ-0,4	400	0,23		1,0

Предельная толщина изоляционной конструкции трубопроводов при температуре теплоносителей до 600 °С

Диаметр условного прохода трубы, мм/толщина изоляции, мм: 10/40; 25/60; 40/80; 50/100; 100/150; 150/160; 200/180; 250/180; 300/190; 350/200; 400/200; 500/210; 700/230; 1000/260.

На кривых и плоских поверхностях толщина изоляции 280 мм.

## ПРОКЛАДКИ, УПЛОТНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И САЛЬНИКОВЫЕ НАБИВКИ

### Прокладки и уплотнительные материалы

Материал	Размер, мм	Рабочая среда	Температура, °С, не более	Рабочее давление, МПа, не более
Паронит	Листы 300×400, 400×500, 500×500, 550×550, 600×600, 750×1000, 700×1200, 1000×1200, 1000×1500, 1200×1250, 1200×1350, 1200×1450, 1200×1500, 1200×1700, толщина 0,3—6	Вода, пар Нефть, тяжелые и легкие нефтепродукты Жидкий и газообразный кислород	До 450 До 400 До 200 От —62 до —182	До 5 До 4 До 7 До 0,25
Картон (непропитанный)	Толщина 0,2—1,5	Вода питьевая, пар, масла, органические растворители и углеводороды	90	1,6
Картон (пропитанный)	Лист 800×900; толщина 0,3—1,5	Вода, бензин, керосин и мазут	120	1,6
Пластикат (поливинилхлоридный)	Лист 1000×600; толщина 1,3 и 3,5	Кислоты, растворы щелочей, спирты, легкие нефтепродукты, газы агрессивные	40	1,6

Продолжение

Материал	Размер, мм	Рабочая среда	Температура, °С, не более	Рабочее давление, МПа, не более
Резина кислотощелочестойкая	Пластины от 250 до 1000 мм; рулоны от 0,5 до 10 м шириной 0,2—1,75 м; толщина пластин от 2 до 60 мм; резины в рулоне от 0,5 до 50 мм	Вода, воздух, слабые растворы (20%) кислот и щелочей (кроме уксусной и азотной)	От —30 до +50	1,6
Резина теплостойкая		Воздух	От —35 до +90	1,6
Резина морозостойкая		Пар Воздух и нейтральный газ	До 140 От —45 до +50	1,6 1,6
Резина маслобензостойкая	Рулонная; листы 1500×750 и более, толщина 2—6	Масла, легкие нефтепродукты, воздух, нейтральный газ	От —30 до +50	1,6
Резина вакуумная		Воздух и нейтральный газ	От —30 до +90	1,6
Фибра	Лист 1800×1200; толщина 1—3	Бензин, керосин, масла, кислород	100	15
Алюминий АД1-М	Лист 2000×800; толщина 0,3—10	Газы и пары инертные	100	1,6
Латунь Л-62	Лента 7—20 м×20—600; толщина 0,5—2	Газообразные и жидкие неагрессивные среды	250	Не ограничивается 15
Медь М3	Лист 1410×710; толщина 0,4—10	Вода, пар, кислород	300	
Свинец С-2	Рольный 5000×2800; толщина 1—15	Серная кислота, сернистый газ и растворы других кислот	100	0,6
Сталь 1Х13, 1Х18Н10Т, 1Х13Х18Н10Т	Лист 1410×710; толщина от 0,4 до 10	Вода, пар	570	25
Стальная зубчатая	Для условных проходов 20—450	То же	570	6,4—40

Среда	Предельные параметры		Сальниковая набивка
	p, МПа	t, °C	
<i>Плетеные</i>			
Воздух, смазочные масла, питьевая вода	20	10	ХБС
Воздух, смазочные масла, нефтяное топливо, пром. вода	20	10	ХБП
Воздух, смазочные масла, пром. вода, водяной пар	16	100	ПС
Воздух, смазочные масла, пром. вода	16	100	ПП
Воздух, водяной пар, пром. вода, растворы щелочей	4,5	400	АС
Воздух, нефтяное тяжелое топливо, слабокислотные растворы	4,5	300	АП
Пром. вода, нефтепродукты	4,5	300	АПР
Пром. вода, водяной пар	1	130	ТС
Нефтяное топливо	3	300	АМБ
Пар насыщенный и перегретый, вода перегретая	32,5	200	АПП
	30	450	АПС
	90	200	АПРПП
	90	450	АПРПС
Вода, пар, воздух	35	510	АГ-1 { для арматуры, для центробежных насосов
	20	260	
<i>Скатанные</i>			
Пром. вода	20	100	ПХБ и ПХБРС, ППЛРС
Пром. вода, перегретый и насыщенный пар	10	400	ПА, ПАРС, ПАМ, ПАМРС
Пром. вода, соленая вода	20	100	КХБ, КЛ
<i>Кольцевые</i>			
Воздух, пром. вода, пар, нефтепродукты	40	100	МХБ, МЛ, МА, КРАА
	20	300	
	5	400	

## Наименования и обозначения марок:

*плетеные* — хлопчатобумажная сухая (ХБС) и пропитанная (ХБП) пеньковая сухая (ПС) и пропитанная (ПП); асбестовая сухая (АС) и пропитанная (АП); асбестопроволочная (АПР); тальковая сухая (ТС); асбестовая маслостойкая (АМБ); асбестовая прорезиненная пропитанная (АПП) и сухая (АПС); асбестопроволочная прорезиненная (АПРПП) и сухая (АПРПС); асбестовая проклеенная с графитом (АГ-1); *скатанные* — прорезиненная хлопчатобумажная (ПХБ); то же с резиновым сердечником (ПХБРС); то же льняная (ПЛ); то же льняная с резиновым сердечником (ПЛРС); то же асбестовая (ПА)

то же с резиновым сердечником (ПАРС); то же асбестометаллическая (ПАМ); то же с резиновым сердечником (ПАМРС); компенсирующая хлопчатобумажная (КХБ); то же льняная (КЛ); *кольцевые* — майжеты хлопчатобумажные (МХБ); то же льняные (МЛ); то же асбестовые (МА); кольца разрезные асбестоалюминиевые (КРАА).

## СКЛАД ТОПЛИВА

Поступающие на ТЭС вагоны с твердым топливом должны взвешиваться, при этом следует применять весы, позволяющие взвешивать на ходу без остановки состава. Взвешивание порожняка не предусматривается.

Масса жидкого топлива, поступающего в железнодорожных цистернах, определяется обмером.

Масса газа определяется по приборам, установленным на ЭС; и пересчитывается на нормальные условия (+20°C; 760 мм рт. ст.).

## ТВЕРДОЕ ТОПЛИВО

Емкость склада угля ТЭС — месячный расход, исчисляемый исходя из 24 ч работы в сутки всех рабочих котлов ТЭС.

Для ТЭС, располагаемых вблизи (90—100 км) угольных разрезов или крупных шахт, емкость склада — двухнедельный расход.

Резервный запас торфа предусматривается на 2 недели. Склад торфа может быть удален от территории ТЭС на расстоянии в пределах 5 км.

Для ТЭС, работающих на фрезерном торфе, при расходе торфа до 200 т/ч принимается безъемкостное разгрузочное устройство, свыше 200 т/ч — траншейного типа с многоковшовыми перегружателями.

Производительность вагонопрокидывателей принимают, исходя из 10 циклов в час для вагонов грузоподъемностью 90 и 125 т и 12 циклов в час для вагонов грузоподъемностью 60 т.

При поступлении вагонов различной грузоподъемности (60, 90 и 125 т) за расчетный вагон условно принимается вагон среднезвешенной грузоподъемности.

Подача топлива от вагонопрокидывателя до первого узла переосыпки осуществляется ленточными конвейерами, число которых равно числу вагонопрокидывателей, а производит. каждой нитки равна производит. вагонопрокидывателя.

## Разгрузка топлива

Расход топлива ТЭС, т/ч	Разгрузочное устройство
≤ 150	Безъемкостное
От 150 до 400	Один вагонопрокидыватель
От 400 до 1200	Два или три вагонопрокидывателя, из которых один резервный
От 1200 до 2000	Три вагонопрокидывателя, из которых один резервный

Подача топлива от первого узла переосыпки до места деления потока топлива на склад и в главный корпус предусматривается двухниточными конвейерами при производит. каждой нитки, равной производит. рабочих вагонопрокидывателей.

При установке одного вагонопрокидывателя производит. каждого из указанных конвейеров принимается равной 60% производит. вагонопрокидывателя.

Подача топлива на склад (от места деления потока топлива на склад и в главный корпус) осуществляется по одной нитке производит., равной производит. рабочих вагонопрокидывателей.

Подача топлива в главный корпус (от места деления потока топлива на склад и в главный корпус) выполняется, как правило, двухниточной системой конвейеров, рассчитанных на трехсменную работу.

Часовая расчетная производит. каждой нитки топливоподачи должна обеспечивать топливом котельное отделение в количестве потребляемом всеми котлами при полной проектной мощности ТЭС работающими с номинальной паропроизводит. в течение 24 ч в сутки с запасом 10%. Во всех остальных случаях д. б. обеспечена возможность одновременной работы обеих ниток топливоподачи.

В тракте топливоподачи ТЭС, работающих на всех видах твердого топлива, включая фрезерный торф, устанавливаются дробилки тонкого дробления. При работе на торфе и другом мелком топливе (0—25 мм) предусматривается возможность подачи топлива помимо дробилок. Производит. всех установленных дробилок тонкого дробления д. б. не меньше производит. двух ниток топливоподачи в главный корпус.

Для взвешивания топлива, поступающего в котельное отделение а также на склад на соответствующих конвейерах устанавливаются ленточные весы.

## МЕХАНИЗАЦИЯ УГОЛЬНЫХ СКЛАДОВ

Для механизации угольных складов должны применяться: наиболее совершенные механизмы непрерывного действия (ротаторы погрузчики, штабелеукладчики) на гусеничном ходу или на рельсах при дистанционном управлении и максимальной автоматизации их работы в случае нецелесообразности применения машин непрерывного действия — мощные специальные бульдозеры, имеющие угольные отвалы, при пробеге их до 75 м в комплексе со штабелеукладчиком или удлиненным конвейером.

Применение грейферных мостовых кранов-перегрузателей допускается только для расширяемых ТЭС, оборудованных такими кранами при соответствующем обосновании.

Склады торфа оборудуются стреловыми грейферными кранами на гусеничном ходу или погрузочными машинами непрерывного действия.

Выдача топлива со склада осуществляется однониточной системой ленточных конвейеров. Выдача топлива из буферного штабеля в основной тракт топливоподачи обеспечивается бульдозерами или другими механизмами и самостоятельной однониточной конвейерной системой.

Часовая производит. всех механизмов по выдаче топлива со склада и из буферной емкости д. б. равна производит. одной нитки конвейера тракта топливоподачи в главный корпус.

Машины непрерывного действия не резервируются. Другие складские механизмы, кроме бульдозеров, резервируются одним механизмом. При механизации склада только бульдозерами и скреперами резерв в тракторах и бульдозерах д. б. в размере 30% их расчетного количества.

Срок хранения топлива на складе: бурые и каменные угли, за исключением угля марки Т, — 6—8 мес.; уголь марки Т — 12 мес.; антрациты — до 2 лет.

Капремонт механизмов топливных складов и топливоподачи должен производиться не реже 1 раза в 3 года, а текущие ремонты — в соответствии с утвержденным графиком.

### Вагоноопрокидыватели

Тип	Число опрокидыва- ний в 1 ч	Теоретич. производит., т/ч	Габариты, м	Мощность, эл. дв., кВт	Масса опрокидыва- ний с эл. оборудова- нием, т
Роторный трехпорный . . . . .	30	2790/1800 *	17×8,9×7,9	36×2	132
Боковой . . . . .	20/25 *	1860/1500 *	25,6×10,4×12,5	100×2	197

\* В числителе — при 93-тонных полувагонах, в знаменателе — при 60-тонных вагонах.

### Бульдозеры

Характеристика	Марка				
	Д-459	Д-271	Д259А	Д-275	Д-290
Длина отвала, м . . . . .	3,5	3,03	4,15	3,35	4,52
Марка трактора . . . . .	ДТ-55А	С-100	С-100	6КМД-50т	6КБМ-50т
Мощность двигателя, л. с.	54 (~ 40 кВт)	100 (73,5 кВт)	100 (73,5 кВт)	140 (104 кВт)	140 (104 кВт)
Масса, т . . . . .	7,56	13,23	14,62	28,27	—

**Скреперные лебедки и скреперы**

Характеристика	Тип				
	30ЛС-2С	55ЛС-2П	ЛС-2М	100ЛС-2П	ЛС-4
<b>Лебедки</b>					
Тяговое усилие, кН . . .	28	45	52	80	98
<b>Размеры, мм:</b>					
высота . . . . .	0,83	1,18	1,64	1,6	1,59
длина . . . . .	1,75	1,96	3,85	2,5	4,78
ширина . . . . .	0,89	1,3	2,34	1,26	2,73
Масса, т . . . . .	1,5	2,78	7,67	5,35	14,1
Скорость выбирания каната, м/с . . . . .	1,17	1,32	1,66	1,37	1,52
Канатоемкость барабана, м . . . . .	85—150	100—180	275	120—200	325
<b>Скреперы</b>					
Емкость, м <sup>3</sup> . . . . .	1	1,5	2	3	4
Масса, т . . . . .	0,55	0,75	0,94	1,2	1,53

**Ленточные конвейеры (лента желобчатая)**

Тип	Ширина ленты, мм	Диаметр приводного барабана, мм	Производит., м <sup>3</sup> /ч, при скорости ленты, м/с				
			1	1,25	1,6	2	2,5
5050-80	500	500	80	100	125	—	—
6563-80	650	630	135	170	220	—	—
8040-60	800	400—1000	205	255	330	410	510
80100-140							
10050-80	1000	500—1000	320	400	510	640	800
100100-120							
12063-100	1200	630—1000	460	575	740	920	1150
120100-140							
14080-120	1400	800—1250	625	780	1000	1250	1560
140125-160							
КЛС-1600	1600	1290	770	—	1370	1640	2050
КЛС-2000	2000	1635	1220	—	2040	2560	3200

Угол наклона конвейера, град: каменный уголь рядовой — 18; сортировочный крупный — 16—17; дробленый — 19—20; фрезерный торф — 20—21.

**Автоматические ленточные весы ЛТМ**

Скорость ленты конвейера, м/с . . . . . До 2,5  
 Угол наклона конвейера, град . . . . . От 0 до 20  
 Погонная нагрузка на ленте конвейера, кг/м . . . . . В пределах 6—500  
 Масса, кг . . . . . До 500  
 Размеры весов, м . . . . . 2,4×1,2—3,2×2  
 Взвешивание топлива производится в тракте топливоподачи.  
 Автоматические весы перед мельницами не устаиваются.

**Электромагнитные сепараторы**

Подвесные*	ЭП1-650**	ЭП1-800	ЭП1-1000	ЭП2-1200	ЭП2-1400	ЭП2-1600
Длина полюсного наконечника, мм . . . . .	600	660	900	1150	1250	1400
Масса сепаратора, кг . . . . .	1661	1661	1707	3420	3436	3460

\* Предельная толщина слоя угля 100 мм.  
 \*\* Число в обозначении типа — ширина ленты конвейера, мм.

*Продолжение*

Шкивные***	ЭШ6/3-1****	ЭШ6,5/3-1	ЭШ8/3-1	ЭШ8-1	ЭШ10-6,3-1	ЭШ10-1	ЭШ12-1М
	Диаметр шкива, мм . . . . .	630	630	630	800	630	800
Ширина магнитного шкива, мм . . . . .	600	750	950	1150	1150	1150	1400
Масса, кг . . . . .	1510	1570	2160	3310	2260	3360	4960

\*\*\* Скорость движения ленты шкивных сепараторов до 2 м/с.  
 \*\*\*\* Первое число в обозначении типа (числитель) — ширина ленты, дм.

*Продолжение*

Барабанные	БМ2-1	БМ4-1	БМ5-1	БМ-12/10	БМ-14/10
Лента рабочей части барабана, мм . . . . .	600	750	900	1330	1530
Диаметр барабана, мм . . . . .	600	750	750	1000	1000
n, об/мин . . . . .	35	30	30	34	37
Масса, кг . . . . .	850	1400	1750	5150	5700

**Дробилки молотковые однороторные (по ГОСТ 7090-72)**

Параметры	Нормы по типоразмерам								
	М-3-2	М-4-3	М-6-4	М-8-6	М-10-8	М-13-11	М-13-16	М-20-20	М-20-30
Размеры ротора $D_p/L_p$ , мм	300/200	400/300	600/400	800/600	1000/800	1300/1100	1300/1600	2000/2000	2000/3000
Размер наибольшего куска, мм	75	100	150	250	300	400	400	600	600
$n_n$ ротора, об/мин, для исполнений Б; В; Г	2500; 3000; 4000	1900; 2400; 3000	1250; 1500; 2000	1000; 1300; 1500	750; 1000; 1200	600; 750; 1000	600; 750; 1000	—; 500; 600	—; 500; 600
$P_n$ эл. дв., кВт, не более, для исполнений Б; В; Г	7; 10; 14	14; 20; 28	20; 28; 40	55; 75; 100	100; 125; 170	130; 170; 260	210; 260; 350	—; 630; 800	—; 1000; 1250
Основные размеры, мм, не более: длина $L$ , ширина $B$ ; высота $H$	450; 500; 520	880; 800; 750	1100; 1100; 1150	1350; 1400; 1250	2100; 1750; 1600	2400; 2300; 1900	2400; 2800; 1900	4000; 4200; 3100	4000; 5500; 3100
Масса дробилки без эл. дв., т, не более	0,2	0,8	1,5	3,0	5,5	9,0	11,0	46,0	60,0

**Дробилки для угля**

Тип	Производит., т/ч	Размеры ротора или вала, мм		Размер куска, мм, исходного/получаемого	$n$ ротора или вала, об/мин	Мощность эл. дв., кВт	Масса, т	
		Диаметр	Длина					
Молотковые однороторные	СМ-431	18—24	800	600	250/—	1000	55	3,7
	СМ-19А	67—105	1000	800	300/—	1000	125	7,2
	СМ-170Б	200	1300	1600	400/—	750	250	14,8
	ДМН-21×18,5	500—600	2100	1850	350/—	492	900	76,4
Отбойные центробежные	ОЦД-50с	50	600	—	350/—	1200	40	4
	ОЦД-100М	100	800	—	450—500/—	490—650	75	7,9
Двухвалковые зубчатые	СМ-438	30	990	900	360/20—40	40	30	8,6
	ДДЗ-1М	20—55	500	500	200/0—100	64	11	3,3
Одновалковая зубчатая	ДОЗ-М	60—80	900	900	800/0—125	36	20	7
Двухвалковые зубчатые	ДДЗ-2М	60—125	700	750	600/0—125	50	20	7
	ДДЗЭ-9×9	70—120	900	900	360/40—100	42	40	13,3
	ДДЗЭ-15×12	До 150	1500	1200	900/15—150	50	75	31,3
	ДДЗ-3М	125—180	900	900	800/0—150	36	25	11,2
Дискозубчатая	ДДЗ-4М	200—240	900	1200	1000/0—150	36	35	12,5
Двухвалковая	ДДЗ-500-6	300	500	—	500/150	235	34	4,5

Примечание. После дробления угля и сланца размеры кусков не должны превышать 25 мм.

**Питатели угля ленточные стационарные (подача из бункеров)**

Ширина ленты, мм	Длина, м	Производит., м <sup>3</sup> /ч, при высоте слоя 0,2 м	Требуемая мощность, кВт	Масса, кг
400	3,2	35—80	1	556
500	1,5	100—125	1,7	470
800	2	270	4,5	1232

**Питатели угля пластинчатые (подача из бункеров)**

Ширина полотна, мм	Длина, м	Скорость полотна, м/с	Требуемая мощность, кВт	Масса, т
500	5	0,1—0,16	1,7	1,7
800	2,2	0,025—0,15	4,5	3,1
800	5	0,1—0,16	1,7	2
1000	3	0,025—0,15	7	3,7
1200	3	0,025—0,15	7	4,5
1200	4	0,025—0,15	7	5,3
1200	5	0,1—0,16	1,7	2,7

**Питатели угля скребковые стационарные (подача в мельницу) (по ГОСТ 8332-71)**

Типоразмер	Расстояние между осями входного и выходного патрубков, м	Размеры патрубков, мм		Высота слоя топлива, мм
		входного	выходного	
СПУ-500	0,75; 1,5; 3	1000×500	500×500	75—100
СПУ-700	1; 1,5; 3; 4; 6; 9	1400×700	700×700	75—100
СПУ-900	5; 7; 8; 8,5; 9; 9,5; 19,5	1800×900	900×900	100—200
СПУ-1100	8; 9; 10; 20; 30	2200×1100	1100×1100	150—300

*Продолжение*

Типоразмер	Производит., т/ч, при диапазоне регулирования частоты вращения		Потребляемая мощность, кВт, не более	Масса, т
	1:5	1:3		
СПУ-500	0,4—4; 0,8—8	0,67—4; 1,33—8	0,5; 1	2,5—3,1
СПУ-700	1,6—16; 4—40	2,67—16; 6,67—40	2,2; 5	4,2—6,2
СПУ-900	8—80	13,3—80	18	8,6—13,6
СПУ-1100	16—160	26,7—160	28	13,6

Примечание. Число в типоразмере — ширина корпуса питателя, мм. Наибольший размер куска поступающего топлива — не более 25 мм.

**Лопастной автоматический питатель для перегрузки угля АП-175-400:**

I исполнение: 400 т/ч; 1,50 м/мин; 25 кВт; 7 т;  
II исполнение: 310 т/ч; 0,78 м/мин.

Производительность питателей сырого угля принимается равной 1,1 производитель. мельниц.

Питатели сырого угля для молотковых мельниц при схемах с прямым вдуванием и питатели пыли снабжаются эл. дв. с возможностью широкого регулирования частоты вращения (до 1:5).

**ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЕ**

**Шаровые барабанные (и конические) мельницы**

Типоразмер: D/L*, см	Частота вращения барабана, об/мин	Производит. по АШ, т/ч	Мощность эл. дв., кВт	Масса мельницы без эл. оборудования и шаров, т	Масса шаровой нагрузки, т	Диаметр патрубков, см
Ш-4; 207/265	23	4	125	25	10	50; 60
Ш-6; 220/330	21,5	6	170	29	14	60; 75
Ш-8; 250/360	20	8	250	43	20	70; 80; 90
Ш-10; 250/390	20	10	320	40	25	70; 80; 90
Ш-12; 287/410	18,7	12	400	57	30	80; 90; 100
Ш-16; 287/470	18,7	16	500	60	35	80; 90; 100
Ш-25; 340/600	17,2	25	800	145	64	110; 120; 135
Ш-32; 340/737	17,2	32	1000	152	80	110; 120; 135
Ш-38; 370/760	17,5	38	1250	175	80	125; 145; 155
Ш-50; 370/850	17,6	50	2000	168	100	145; 155; 170
Ш-70; 400/1000	17,1	70	2460	246,5	138	170; 190
НШ-70; 340/1360	17,2	70	—	253	—	—
ШК; 380/550	14,7	25	520×2	90	70	100/115
ШК; 380/550	18,5	32	630×2	90	70	100/115

\* В числителе — диаметр барабана по средней линии выступов брони, см; в знаменателе — его длина, см; производит. — указана для АШ с  $K_{до} = 0,95$  при крупности дробления  $R_2 = 20\%$  и тонкости пыли  $R_{90} = 7\%$ .

Примечание. ШК — шаровые конические мельницы; в числителе — длина цилиндрической части барабана, см; в знаменателе — длина барабана, см; эквивалентный диаметр барабана 318 см; объем барабана 43,7 м<sup>3</sup>.

При шаровых барабанных мельницах пылеприготовительная установка выполняется, как правило, по схеме с прямым вдуванием. На котел производится 420 т/ч и более устанавливается не менее двух мельниц. При этом во всех случаях осуществляется связь по бункерам пыли с соседними котлами. Производительность мельниц выбирается из расчета обеспечения 110% номинальной паропроизводит. котла.

При молотковых и среднеходных мельницах, а также мельницах-вентиляторах пылеприготовительная установка, как правило, выполняется по схеме с прямым вдуванием. Применение пылевых бункеров при молотковых и среднеходных мельницах допускается при соответствующем обосновании.

Количество мельниц в системах с прямым вдуванием для котлов паропроизводит. 400 т/ч и более выбирается не менее трех; для котлов меньшей паропроизводит. — не менее двух. Производительность этих

мельниц выбирается с расчетом, чтобы при остановке одной из них оставшиеся обеспечили не менее 90% номинальной паропроизводит. котла.

При установке молотковых или среднеходных мельниц в системе пылеприготовления с пылевым бункером коэффициент запаса выбирается при двух установленных мельницах на котел 1,35, при трех 1,2, при четырех и более 1,1.

Полезная емкость бункеров сырого топлива принимается из расчета не менее:

- для каменных углей и АШ 8-часового запаса по АШ;
- для бурых углей и сланцев — 5-часового запаса;
- для торфа — 3-часового запаса.

Полезная емкость промбункеров пыли в котельной должна обеспечить не менее 2—2,5-часового запаса номинальной потребности котла сверх «несрабатываемой» емкости бункера, необходимой для надежной работы пылепитателя.

При установке одной мельницы на котел полезная емкость бункера пыли должна обеспечить 4-часовой запас пыли.

Для ТЭС, предназначенных для работы на твердом топливе, независимо от вида этого топлива применяется замкнутая индивидуальная схема пылеприготовления.

Производит. питателей пыли выбирается из расчета обеспечения номинальной производит. котла при работе всех питателей с нагрузкой 70—75% их номинальной производит.

Влажность пыли допускается:

для антрацитов, полуантрацитов и тощих углей — ниже гигроскопической;

для каменных углей, а также для бурых, у которых гигроскопическая влажность равна или превышает 0,4 рабочей влажности, — не ниже 50% гигроскопической;

для бурых углей, у которых гигроскопическая влажность менее 0,4 рабочей влажности, а также для сланцев — не ниже гигроскопической;

для фрезерного торфа — не ниже 25% гигроскопической.

Значения влажности пыли для конкретных установок выбирают с учетом обеспечения надежной текучести пыли.

### Молотковые мельницы

Тип мельницы <sup>1</sup>	Активное сечение ротора, м <sup>2</sup>	Окружная скорость ротора (был), м/с	Число бил	Масса мельницы без эл. дв., т	Мощность эл. дв., кВт	Производит. по бурому углю, т/ч	Производит. по каменному углю, т/ч
<b>Аксиальные</b>							
80/39,1/980	0,313	41	21	1,7	40	3,1	1,2
100/47/980	0,47	51,2	32	2,15	40	4,7	1,9
100/70,7/980	0,707	51,2	44	2,38	75	7,1	2,8
130/94,4/735	1,23	50	56	4,8	125	12,3	4,9
150/118,1/735	1,77	57,7	90	6,7	200	17,7	7,1
150/166,8/735	2,55	57,7	90	8,9	320	25	10
166/200,4/735	3,33	64	108	12,6	400	33,3	13,3

Тип мельницы <sup>1</sup>	Активное сечение ротора, м <sup>2</sup>	Окружная скорость ротора (был), м/с	Число бил	Масса мельницы без эл. дв., т	Мощность эл. дв., кВт	Производит. по бурому углю, т/ч	Производит. по каменному углю, т/ч
<b>Тангенциальные</b>							
100/47/980	0,47	51,2	24	2,3	40	3	1,9
100/70,7/980	0,71	51,2	33	2,5	75	5	2,8
100/94,4/980	0,94	51,2	42	2,9	100	8	3,8
130/132,2/735	1,73	50	55	6,6	160	12	6,9
130/200,4/735	2,6	50	80	8,3	200	18	8,8
130/256,4/735	3,34	50	100	10,2	250	24	11,6
150/191/735	2,88	58	62	16,5	320	27	11,5
150/251/735	3,76	58	92	18,8	400	35	15,1
150/323/735	4,84	58	116	—	450	48	19,4
200/260/590	5,2	61,7	102	23,9	600	52	20,4
260/255/590К	—	—	128	61	1250	—	40

### Аксиально-тангенциальные<sup>2</sup>

150/155/735	2,32	58	60	18,9	320	17	9,3
160/239/735	3,82	62	88	29,1	500	32	15,4
200/323/740	6,46	77,5	116	37,4	550	58	26
260/335/735	—	—	—	38,7	800	70	—

<sup>1</sup> До черты — диаметр ротора, см; после черты — длина ротора по наружным граням бил, см; после второй черты — частота вращения эл. дв., об/мин.

<sup>2</sup> Производит. указана по бурому углю ( $K_{л.о} = 1,7$ ;  $R_{90} = 65\%$  и  $W^P = 55\%$ ),  $t$  сушильного агента для аксиальных мельниц 300—350°С, для тангенциальных 350—400°С и для аксиально-тангенциальных 295—515°С.

### Валковые среднеходные мельницы

Тип мельницы	Производит. т/ч*	Масса мельницы без эл. дв., т	Расход воздуха при $t = 80^\circ\text{C}$ , тыс. м <sup>3</sup> /ч	Мощность эл. дв., кВт	Диаметр размольных стола/валка, см	$n$ размольного стола, об/мин
МВС-65	1,7	—	3—4,2	40—50	—	—
МВС-80	3	—	5—7	60—70	—	—
МВС-90	4,5	12	6,7—9,6	80—90	90/69	78,2
МВС-105	6	18	11—16	110—125	105/80	59,4
МВС-115	9	—	14—20	160—170	—	59,4
МВС-125	11,5	22	18—25	200—220	125/95	59,4
МВС-140	16	34	27—38	300—320	140/107	50
МВС-160	25	50	40—50	400—500	160/122	48,5
МВС-175	32	—	53—74	550—600	—	—

\* Производит. указана по донецкому тощему углю ( $K_{л.о} = 1,5$ ); тонкость пыли  $R_{90} = 12\%$

## Мельницы-вентиляторы

Продолжение

Тип мельницы <sup>1</sup>	Окружная скорость ротора, м/с	Высота лопаток, см	Количество лопаток	Напор для преодоления сопротивления внешней среды, кПа	Масса мельницы без эл. оборудования, т	Мощность эл. дв., кВт	Суммарный объем газов за мельницей при $t = 80^\circ\text{C}$ , м <sup>3</sup> /ч	Производит., т/ч*
90/25/1470	69,5	18	8	2	5,4	40	12 000	3,5
105/27/1470	81	18	8	2,8	6,1	75	18 000	5,5
105/40/1470	81	18	8	2,1	6,8	125	25 000	7,5
160/40/980	82,5	25	10	2,8	18,3	200	42 000	12,5
160/60/980	82,5	25	10	2,1	21	250	60 000	17,5
210/80/735	81	25	12	2,1	50	500	90 000	30
270/85/590	83,5	30	16	2,5	66	800	150 000	44,5

<sup>1</sup> До черты — диаметр ротора, см; после первой черты — рабочая ширина лопаток, см; после второй черты — частота вращения эл. дв, об/мин.

\* Производит. указана по бурому углю ( $K_{\text{д.о}} = 1,7$ ;  $W^P = 56,5\%$ ); крупность дробления  $R_0 = 20\%$  и тонкость пыли  $R_{90} = 55\%$ .

## Мельничные вентиляторы

Типоразмер вентилятора	Параметры при номинальном режиме			Потребляемая мощность, кВт	Габаритные размеры, м	Масса т
	Проз-водит., тыс. м <sup>3</sup> /ч	Давле-ние, кПа	л, об/мин			

## Вентиляторы

BM-40/750-1B	40	7,5	1480	115	2×2×1,8	2,1
BM-40/750-11B	40	3,8	1480	58	2×1,8×2	2,1
BM-50/1000-1B	54	10,6	1480	223	2,1×2,4×2,4	2,6
BM-50/1000-11B	54	5,4	1480	112	2,1×2,4×2,4	2,8
BM-75/1200-1B	75	12,5	1480	350	2,1×2,5×2,6	3,1
BM-75/1200-11B	44	2,9	980	48	3,7×2,5×3,1	4,4
BM-100/1000*	90	10	1480	353	3,2×3,4×2,1	4,2
BM-100/1200*	90	11,7	1480	412	3,2×3,4×2,1	4,2
BM-160/850*	160	9	980	540	4,6×3,7×1,5	6,9
BVCM-1y**	14	5,3	1460	33,5	1,6×1,7×1,9	1,8
BVCM-2y**	33	5,1	980	73	2×2,5×2,6	4,2
BVCM-3y**	60	5,1	980	132	2,1×2,8×2,7	4,85

\* Концентрация пыли до 80 г на 1 кг воздуха.  
\*\* Концентрация пыли до 500 г на 1 кг воздуха.

Типоразмер вентилятора	Параметры при номинальном режиме			Потребляемая мощность, кВт	Габаритные размеры, м	Масса, т
	Проз-водит., тыс. м <sup>3</sup> /ч	Давле-ние, кПа	л, об/мин			

## Экспаустеры

Э-5, Э-3	25	1,6	980	17	1,8×2×1,8	2,6
Э-2-1	40	1,2	980	21	1,9×1,8×1,8	1,7
Э-4	80	1,9	980	67	2×2,2×2,2	2,5
Э-6	94	2,9	980	108	2×2,1×2,5	3,2

Примечания: 1. Рабочая среда — смесь воздуха с угольной пылью.  
2. BM-75/1200-11B — для рециркуляции дымовых газов; BM-50/1000-11B, BM-40/750-11B и BM-75/1200-11B — для горячего первичного воздуха (400°С).

Температура сушильного агента в конце установки для всех систем пылеприготовления при размоле АШ и полуантрацитов не ограничивается. Для др. видов топлива  $t$  не должна превышать:

- При сушке воздухом в установке с прямым вдуванием и размоле (за сепаратором):
  - тощего и экибастузского углей . . . . . 150°С
  - других каменных углей . . . . . 130°С
  - бурых углей и сланцев . . . . . 100°С
  - фрезерного торфа . . . . . 80°С
- При сушке смесью топочных газов с воздухом в установках с прямым вдуванием (за сепаратором):
  - тощего, каменных, бурых углей и сланцев . . . . . 180°С
  - фрезерного торфа . . . . . 150°С
- При сушке воздухом в установках с бункером пыли и размоле в шаровых барабанных мельницах (за мельницей):
  - тощего и экибастузского углей . . . . . 130°С
  - каменного и бурых углей . . . . . 70°С
- То же при сушке смесью топочных газов и воздуха:
  - тощего и экибастузских углей . . . . . 150°С
  - каменных и бурых углей . . . . . 120°С

$t$  воздуха, транспортирующего пыль к горелкам для всех видов топлива с выходом летучих менее 15% и экибастузского угля, не ограничивается. Для каменных углей с выходом летучих более 15%  $t$  горячего воздуха должна выбираться такой, чтобы  $t$  пылевоздушной смеси у входных патрубков горелок не превысила 160°С, а для бурых углей — 100°С.

Присосы воздуха в пылеприготовительной установке не должны превышать следующих величин, выраженных в % количества влажного сушильного агента, измеренного в конце установки:

Расход сушильного агента, тыс. м <sup>3</sup> /ч	Пылесистемы с бункером пыли				Пылесистемы прямого вдувания с мельницами-вентиляторами при газовой и газовоздушной сушке	
	при воздушной, а также при газовоздушной сушке в случае установки перед мельницами дымососов рециркуляции		при газовоздушной сушке с забором газов из газопроводов за счет разрежения мельничного вентилятора			
	с ШБМ	с мельницами др. типов	с ШБМ	с мельницами др. типов	при заборе газов из топки (газопроводов) за счет разрежения	при заборе газов из газопроводов за счет дымососов рециркуляции
До 50	30	25	40	35	40	25
От 51 до 100	25	20	35	30	35	20
От 101 до 150	22	17	32	27	30	17
Свыше 150	20	15	30	25	25	15

#### Питатели пыли (по ГОСТ 17027-71)

Номинальная производительность, т/ч . . .	3,5	5	7	10	14	20
Число выдающих патрубков . . . . .	1	1	2	2	2	2
Размеры приемных патрубков, см . . . . .	67×67	80×80	80×80	80×80	100×100	100×100
P <sub>потр.</sub> , кВт, не более . . . . .	1	2	2	2	Устанавливается техдокументацией	

#### Питатели пыли

Тип	Производительность, т/ч	Габаритные размеры, м	Требуемая мощность, кВт	Масса, т
Шнековый	До 10	2,4×0,685×1,4	0,9	0,7
Лопастный	2—6	2,14×0,680×1,3	0,9	0,42
	10	2,235×1,79×1,4	3,4	1,73
	5	1,34×1,17×1,085	0,9	0,63

Капремонт пылеприготовительной установки должен производиться, как правило, одновременно с капремонтом котла, а текущий ремонт — по мере необходимости.

#### Пневмовитовые насосы для пыли

Диаметр насоса, мм	Производит., т/ч	л шнека, об/мин	Рабочее давление, МПа	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	Расстояние подачи, м по горизонтали./по вертикали.	Требуемая мощность, кВт	Габаритные размеры, м	Масса насоса, т
200	25	1000	0,4	34	200/35	55	2,79×0,77×1,01	1,8
250	50	1000	0,4	54	200/35	100	3,368×0,78×1	2,46

#### Сепараторы пыли ТКЗ-ВТИ

Ø сепаратора, м	Ø входного и выходного патрубков, мм	Объем сепаратора, м <sup>3</sup>	Типоразмер ШБМ		
2,2	500	600	725	4,7	Ш-4
2,5	600	725	825	6,8	Ш-6
2,85	725	925	925	10,1	Ш-8 и Ш-10
3,3	925	1150	1250	15,7	Ш-12 и Ш-16
3,6	1150	1250	1500	20,4	Ш-20
4,25	1250	1500	1750	33,4	Ш-25
4,5	1500	1750	1900	40	Ш-32 и Ш-38
4,75	1500	1900	2100	47	Ш-50
5,5	1900	2300	—	73	Ш-70

#### Сепараторы пыли СП-2А (ЦКТИ)

2,05	500	600	700	3,4	Ш-4
2,5	600	700	850	6,2	Ш-6
3	750	900	1000	10,7	Ш-8 и Ш-10
3,35	900	1150	1250	15	Ш-12 и Ш-16
3,65	1150	1250	1500	19,2	Ш-20
4,25	1250	1500	1750	30,4	Ш-25
4,75	1500	1750	1900	42,4	Ш-32
5,25	1600	2000	2200	57	Ш-50
5,75	1900	2300	—	75	Ш-70

### Циклоны пылевые

Диаметр циклона, м	Высота, м	Масса, т	Диаметр циклона, м	Высота, м	Масса, т
0,75	4,7	0,5	2,15	12,2	3,4
0,9	5,4	0,6	2,35	12,4	4
1,05	6,2	0,9	2,65	15	5,1
1,25	7,2	1,2	3	17	7,3
1,45	8,3	1,6	3,25	18,4	9,9
1,6	9,1	2	3,75	21,2	21,1

### МАЗУТНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Расчетный суточный расход мазута для ТЭС определяют, исходя из 20-часовой работы всех энергетических котлов при их номинальной производительности для полной проектной Р ТЭС и 24-часовой работы водогрейных котлов при покрытии тепловых нагрузок при средней  $t$  самого холодного месяца.

В качестве топлива для пиковых котлов принимается мазут независимо от вида топлива, принятого для основных котлов ТЭС.

Растопочное мазутное хозяйство сооружается для всех ТЭС с каменным сжиганием твердого топлива.

Приемная емкость основного мазутного хозяйства принимается не менее 20% емкости цистерны, устанавливаемых под разгрузку. Насосы, откачивающие мазут из приемной емкости, устанавливаются с резервом. Рабочие насосы должны обеспечить перекачку мазута слитого из цистерн, установленных под разгрузку, не более чем за 5 ч.

Приемная емкость растопочного мазутохозяйства д. б. не менее 120 м<sup>3</sup>, насосы, откачивающие мазут из нее, устанавливаются без резерва.

Оборудование основного мазутного хозяйства должно обеспечивать непрерывную подачу мазута в котельное отделение при работе всех рабочих котлов с номинальной производительности.

Вязкость подаваемого в котельную мазута не должна превышать 2,5° ВУ для ТЭС, применяющих механические и паромеханические форсунки;

6° ВУ для ТЭС, применяющих паровые и ротационные форсунки.

Производительность основных насосов с выделенным контуром разогрева выбирается с учетом дополнительного расхода мазута на рециркуляцию в контурах каждого котла и в обратной магистрали при минимально допустимых скоростях.

Производительность насосов циркуляционного разогрева должна обеспечивать подготовку мазута в резервуарах для бесперебойного снабжения котельной.

В насосной основной мазутного хозяйства должны предусматриваться резервное оборудование: по одному основному насосу I и II ступеней, один резервный подогреватель, один фильтр непрерывной очистки после основных подогревателей, по одному насосу и подогревателю циркуляционного подогрева.

Количество мазутных насосов в каждой ступени основного мазутного хозяйства д. б. не менее трех (в том числе один резервный).

Подача мазута на энергетические и водогрейные котлы из основного мазутного хозяйства должна производиться по двум магистралям, рассчитанным каждая на 75% номинальной производительности с учетом рециркуляции.

Подача пара на мазутное хозяйство производится по двум магистралям, рассчитанным каждая на пропуск 75% расчетного расхода пара. Устанавливается не менее двух конденсаторных насосов, один из них резервный.

Растопочное мазутное хозяйство выполняется:

- для ТЭС на твердом топливе с общей производительности котлов 4000 т/ч и более — с тремя резервуарами емкостью по 2000 м<sup>3</sup>;
- для ТЭС на твердом топливе с общей производительности котлов менее 4000 т/ч — с тремя резервуарами емкостью по 1000 м<sup>3</sup>.

Подача мазута в котельное отделение из растопочного мазутного хозяйства производится по одному трубопроводу.

Число мазутных насосов в каждой ступени растопочного мазутного хозяйства принимается равным двум, в том числе один резервный.

Пропускная способность трубопровода и производительности насосов растопочного мазутного хозяйства выбираются из условий одновременной растопки четырех блоков по 300 МВт или шести блоков по 200 МВт с нагрузкой 30% их номинальной паропроизводительности.

Емкость мазутохранилищ для ТЭС, у которых мазут является основным, резервным или аварийным топливом, принимается следующая:

Мазутохозяйство	Емкость баков
Основное для ТЭС на мазуте при доставке по железной дороге	На 15-суточный расход
Основное для ТЭС на мазуте при подаче по трубопроводам	На 3-суточный расход
Резервное для ТЭС на газе	На 10-суточный расход на полную мощность ТЭС
Аварийное для ТЭС на газе	На 5-суточный расход на полную мощность ТЭС
Для пиковых водогрейных котлов	На 10-суточный расход, подсчитанный, исходя из средней $t$ за самый холодный месяц

Капремонт мазутных насосов производится не реже 1 раза в 2 года, а текущий — по мере надобности.

Вязкость подаваемого на ГТУ топлива не должна превышать 2° ВУ при применении механических форсунок и 3° ВУ при применении воздушных (паровых) форсунок.

Размеры механических частей в жидком топливе за последней ступенью фильтрации д. б. не более 10—15 мм при применении механических форсунок и 15—20 мм — воздушных (паровых) форсунок.

В приемных емкостях и резервуарах мазутосклада нагрев мазута до  $t > 90^\circ \text{C}$  не разрешается.

## ПАРОВЫЕ КОТЛЫ (ПАРОГЕНЕРАТОРЫ)

### Выбор числа котлов

На КЭС, входящих в энергосистемы, применяются блочные схемы с промперегревом пара.

На ТЭЦ для агрегатов с промперегревом пара применяются также блочные схемы.

Блоки применяются в виде моноблоков (котел — турбина). Установка двух котлов на одну турбину допускается при соответствующем обосновании.

На КЭС и ТЭЦ без промперегрева пара применяется, как правило, схема с поперечными связями. На ТЭЦ в случае преобладания отопительной нагрузки могут применяться моноблоки. В случае преобладания промышленной паровой нагрузки должны применяться дубли-блоки с двумя котлами на турбину.

Котлоагрегаты производят.  $> 400 \text{ т/ч}$  должны выполняться, как правило, с газоплотными панелями, газомазутные котлы — преимущественно под наддувом, пылеугольные — преимущественно под разрежением.

Паропроизводительность и число энергетических котлов выбираются:

а) для КЭС — по максимальному пропуску острого пара через турбину при  $P_n$  с учетом с. н. и с запасом до 3%; установка дополнительных котлов (резервных и ремонтных) для ГРЭС, входящих в энергосистемы, не предусматривается;

б) для блочных ТЭЦ, входящих в энергосистему, — по максимальному пропуску острого пара через турбину с учетом с. н. и запасом до 3%; при выходе из работы одного блока оставшиеся с учетом работы всех пиковых котлов должны обеспечить средний за наиболее холодный месяц отпуск тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение;

в) для неблочных ТЭЦ, входящих в энергосистемы, — по максимальному расходу пара с тем, чтобы при выходе из работы одного котла оставшиеся, включая пиковые, обеспечили максимально длительный отпуск пара на производство и средний за наиболее холодный месяц отпуск тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение; при этом допускается снижение эл. мощности на значение мощности самого крупного агрегата ТЭЦ; при необходимости круглогодичного ремонта котлов (по графику ремонтов котельного оборудования) в качестве дополнительных ремонтных котлов принимаются водогрейные пиковые.

Покрытие тепловой нагрузки отопления производится за счет отборов турбин и специальных пиковых котлов. Отборы турбин покрывают примерно 0,5 суммарной нагрузки.

Для ТЭЦ с докритическими параметрами пара, а также для ГРЭС, работающих на морской воде, как правило, применяются барабанные котлы.

Для пуска блоков на ТЭС предусматриваются пусковые котельные или другие устройства, которые должны обеспечивать паром отопление зданий, деаэрацию питат. воды, разогрев мазута, продувку котлов, трубопроводов, приводную турбину питат. насоса при отсутствии эл. насоса и прочие предпусковые нужды. Для ТЭЦ, а также неблочных КЭС рекомендуется использовать в качестве пусковой временную котельную, сооружаемую для обслуживания строительно-монтажных работ.

## Нефтяные насосы

Тип насоса	Производит., м <sup>3</sup> /ч	Напор, 10 <sup>4</sup> Па (м вод. ст.)	t перекачиваемой жидкости, °C	P <sub>n</sub> эл. дв., кВт	n эл. дв. (синхр.), об/мин	Масса насоса без эл. дв., т
2НВ-6×1	30	49	До 200	12	3000	0,55
4НК-5×1	55	57	До 200	10	3000	0,62
5НК-5×1	90	97	До 200	25	3000	0,75
5НК-9×1	90	45	До 80	14	3000	0,65
6НК-6×1	120	112	До 200	44	3000	1,12
6НК-9×1	135	65	До 200	24	3000	0,72
8НД-9×2	180—150	140—95	До 200	160—85	3000	1,83
8НД-9×3	250—200	205—210	До 200	300—220	3000	3,37
10НД-6×1	450	60	До 200	120	1500	2,86

Примечание. Капремонт мазутных насосов должен производиться не реже 1 раза в 2 года, а текущий — по мере надобности.

## ГАЗОВОЕ ХОЗЯЙСТВО

Газорегулирующий пункт (ГРП) предусматривается на ТЭС, работающих на газе, который применяется в качестве основного или сезонного топлива. Производительность ГРП на ТЭС, где газовое топливо является основным, рассчитывается на максимальный расход всеми рабочими котлами, а на ТЭС, сжигающих газ сезонно, — по требуемому расходу газа для летнего режима. ГРП располагаются на территории ТЭС в отдельных зданиях.

Подвод газа от газораспределительной станции (ГРС) к ГРП производится по одному газопроводу на каждый ГРП, резервный подвод газа не предусматривается.

На газомазутных КЭС до 1200 МВт и ТЭЦ до 900 МВт может сооружаться один ГРП, на ТЭС большей мощности сооружаются соответственно два или более ГРП. Число параллельных установок, регулирующих давление газа в каждом ГРП, выбирается с учетом одной резервной.

Прокладка всех газопроводов в пределах ГРП и до котлов выполняется наземной.

Подвод газа от каждого ГРП к магистрали котельного отделения и от магистрали к котлам не резервируется и может производиться по одной нитке.

Барабаннне и прямочные котлы

Маркировка котлов		Температура пара, °С	Топливо	Поверхность нагрева, м²					Размеры, м			Масса металла общая, т
по ГОСТ	заводская			экранов	пароперегреват.		экономизера	воздухоподогревателя¹	по фронту	глубина	высота	
					первичного	вторичного						
<b>Барабаннне котлы</b>												
E-110-100	ПК-19	540	Бурый уголь	2200	1709	—	1320	тр. 10 939	8,1	13,4	28,8	590
E-120/100ГМ	БКЗ-120-100ГМ	540	Газ, мазут	1500	1531	—	1573	тр. 5930	7,4	13,8	24,6	500
E-160/100	БКЗ-160-100Ф	540	Каменный, бурый уголь	2500	1994	—	1920	тр. 10 880	8,1	16	32,4	764
E-160-100ГМ	БКЗ-160-100ГМ	540	Газ, мазут	1680	1750	—	3086	тр. 7065	8,1	16,3	28,6	494
E-220/100	БКЗ-220-100Ф	540	Каменный, бурый уголь	3200	2500	—	2905	тр. 15 770	11,2	16	32,5	840
E-220/100	БКЗ-220-100ГЦ	540	Каменные угли	3100	2688	—	2726	тр. 14 550	10,6	15,3	30,8	902
E-220/100	ПК-14 и ПК-10	540	Бурый уголь, газ	2402	2330	—	3042	тр. 19 326	11	16,5	32,8	1110
E-220/100	ТП-13	540	Каменные угли	3160	3155	—	2250	тр. 15 820	11,2	16,1	33,1	1060
E-220/100	ТГМ-151	540	Газ, мазут	2660	2630	—	2110	тр. 14 470	10,4	13,4	26,5	850
E-220-100	ТП-41	540	Каменный уголь, АШ, газ	3250	2995	—	2775	тр. 15 920	11,2	16,1	33,9	1060
E-210/140	БКЗ-210-140Ф	570	Каменный, бурый уголь	3200	2910	—	2630	тр. 13 952	10,5	16	32,8	1010
E-320/140	БКЗ-320-140	570	Экибастуский уголь	4100	5192	—	5228	тр. 22 500	13,2	17,2	34,3	1350
E-320/140ГМ	БКЗ-320-140ГМ	570	Газ, мазут	2820	5214	—	2632	тр. 16 580	13,1	12,1	27,1	1050
E-420/140	БКЗ-420-140-3	570	Экибастуский уголь	5250	6225	—	2840	тр. 30 650	18	24,8	37,9	1900
E-420/140М	ТГМ-84	570	Газ, мазут	2694	3050	—	5300	тр. 20 000	15,3	13,9	31,5	1495
E-420/140	ТП-81	570	Каменный, бурый уголь	5060	6650	—	3580	тр. 30 000	15,8	18,2	39,7	1925
E-420/140	ТП-85	570	Камен. угли	4870	4350	—	5890	тр. 17 500	15,8	17,3	36,5	1630
E-420/140Ж	ТП-87/1	570	АШ, газ	5060	6000	—	3580	тр. 30 000	15,8	18,2	39,7	1905

¹ Тр — трубчатые; вр. — вращающиеся.

Продолжение

Маркировка котлов		Температура пара, °С	Топливо	Поверхность нагрева, м²					Размеры, м			Масса металла общая, т
по ГОСТ	заводская			экранов	пароперегреват.		экономизера	воздухоподогревателя¹	по фронту	глубина	высота	
					первичного	вторичного						
<b>Прямочные котлы</b>												
E-420/140ГМ	ТГМ-84/А	570	Газ, мазут	3250	5500	—	5480	вр. 25 630	15,3	13,9	31,5	1410
Еп-480/140ГМ	ТГМ-96	570/570	Газ, мазут	2750	5079	—	11 200	вр. 38 440	16	15,3	32,2	1845
Еп-500/140	ТП-92	570/570	Камен. уголь	—	—	—	—	—	18	14,3	40	2020
Еп-500/140ГМ	ТГМ-94	570/570	Газ, мазут	3158	4141	4141	6655	вр. 38 445	18	18,2	32,8	2060
Еп-640/140Ж	ТП-100	570/570	АШ, газ	7860	8600	9320	3940	тр. 14 300	24,5	20,4	43,5	3650
Еп-640/140ГЧ	ТГМ-104	570/570	Газ, мазут	2708	6375	5940	8250	—	20,3	22	37,5	2700
Еп-640/140	БКЗ-640	545/545	Бурый уголь	—	—	—	6020	тр. 13 300/37 620	—	—	—	3640
Еп-640/140	ТП-101-2	540/570	Эстонские сланцы	—	—	—	9850	тр. 46 400	2×16,3	27	43,3	6700
Еп-640/140	ТГ-104	570/570	Газ	—	—	—	8250	вр. 30 300	15×2	21	43,6	3010
Еп-640/140	ТП-108-2	570/570	Фрезторф	—	—	—	4240	тр. 34 560	15×2	21	43,6	5930
Пп-270/140	ПК-24	570/570	Сухие камен. угли	1191	667	965	3625	21 000	11	17,4	34	1160
Пп-270/140	ПК-38	570/570	Тощие и бурые угли	1508	591	2340	3810	18 000	11	18	36,3	1150
Пп-640/140	ПК-33	570/570	Бурые и влажные угли	2278	1552	4292	5700	45 900	25	21	34	2470
Пп-640/140	ПК-40	570/570	Камен. угли	7112	2077	2667	5543	тр. 52 344	2×12	19,5	39,6	2570
Пп-640/140ГМ	ПК-47-3	570/570	Газ, мазут	6840	2710	3070	4100	вр. 32 000	21×2	12	42,2	2300
Пп-660/140К	П-55-2	550/540	Камен. угли	3210	2210	2880	3770	тр. 67 200	2×11,2	21,5	45,2	3636
Пп-660/140	П-56	540/540	Мазут, газ	2250	2480	3570	4240	вр. 41 000	2×9,5	19,5	35,5	2980
Пп-950/255	ПК-39-П	565/570	Экибастуский уголь	9020	6653	7804	—	вр. 96 800	2×12	12	44,2	4560
Пп-950/255ГМ	ПК-41-2	565/570	Газ, мазут	6278	5238	7365	4990	вр. 83 080	2×12	18	36	8300
Пп-950/255Ж	П-50-2Г	565/570	Тощие угли	10 491	5473	10 300	4110	вр. 111 880	2×12	19	51	4740
Пп-950/255ГМ	ТТМП-114-2	565/570	Газ, мазут	6196	2196	9730	4840	вр. 86 610	2×12	18	34	3130
Пп-950/255Ж	ТПП-210А-2	565/570	АШ и тощие угли	9560	6700	7100	3300	вр. 127 000	2×12	19	50	3800

Маркировка котлов		Температура пара, °С	Топливо	Поверхность нагрева, м²					Размеры, м			Масса металла общая, т	
по ГОСТ	заводская			экранов	пароперегреват.		экономайзера	воздухоподогревателя¹	по фронту	глубина	высота		
					первичного	вторичного							
Пп-950/255Ж	ТПП-312	565/570	Донецкие газовые угли	7680	8290	9120	4808	вр. 142	200	20,6	25,5	52	5200
Пп-950/255ГМ	ТГМП-314	565/570	Газ, мазут	7650	3500	11 200	3960	—	—	18	23	42	3200
Пп-950/255ГМ	ТГМП-324	565/570	Газ, мазут	8500	4880	7255	4580	—	—	18,6	24,5	49,9	5400
Пп-1600/255Ж	П-49-2	565/570	Назаровский уголь	5161	1654	9025	9360	тр. 33	100	23	2×27,5	41,5	9400
Пп-2500/255Ж	ТПП-200-2	565/575	АШ	4056	9460	22 320	8050	вр. 261	660	2×29,1	21,1	43,5	9313
Пп-1650/255	П-57	545/545	Экибастузский уголь	—	—	—	9210	вр. —	—	36	24	63	—
Пп-2650/255	ТГМП-204	545/545	Мазут, газ	—	—	—	8900	вр. —	—	21,2	28,7	61	10 590
Пп-3950/255	ТГМП-1204	545/545	Мазут, газ	—	—	—	17 930	вр. —	—	—	—	—	14 950

Маркировка котла: по ГОСТ 3619-69: Пр—паровой стационарный котел с принудительной циркуляцией без перегрева пара; Е—то же с естественной циркуляцией с перегревом и без перегрева пара; Еп—то же с естественной циркуляцией с перегревом и промежуточным перегревом пара; Пп—то же прямоточный с промперегревом пара; число до черты—паропроизводит., т/ч; число за чертой—давление пара, кгс/см².

Заводская я: первое число—паропроизводит., т/ч; второе число—давление пара, кгс/см² (1 кгс/см²=0,1 МПа). Обозначения относятся к котлам с камерными топками для сжигания твердого топлива при сухом удалении шлаков и золы; при сжигании других видов топлива вводятся дополнительные буквы: газ—Г; мазут—М, газ и мазут—ГМ; твердое топливо—газ и мазут—К (комбинированное); слоевая топка—С; при жидком удалении шлака—Ж; двухкорпусные котлы—цифра 2 в конце обозначения типоразмера.

Отклонения от номинальных значений  $t$  пара не должны превышать пределов для 225 °С: +25 ÷ -15; для 250 °С: +25 ÷ -15; для 440 °С: +10 ÷ -15; для 540—570 °С и промежуточного перегрева 545—570 °С: +5 ÷ -10 °С.

В 1971 г. для котлов высокого и сверхкритического давления с промежуточным перегревом пара введена маркировка котла без промперегрева 560 °С.

Барabanные котлы Барнаульского и Белгородского котельных заводов (40 кгс/см², 440 °С)

Маркировка котлов		Топливо	Способ сжигания топлива	Поверхность нагрева, м²				Масса котла, т
по ГОСТ	заводская			экранов	пароперегревателя	экономайзера	воздухоподогревателя	
Е-15/40	СУ-15-40	Камен. уголь ПС	Слоевой в топке ПМЗ-ЛЦР	212	99,4	265	402	66
Е-20/40	СУ-20-40	Камен. уголь	То же	168,5	107,5	318,5	572	75
Е-20/39	ТС-20-39-У	Камен. уголь и АШ	Слоевой в топке БЦРМ	300	159	390	400	85
Е-20/39	ТП-20-У	Отсевы донецких длинно-пламенных углей	Факельный	335	195	260	1200	100
Е-20/40	С-20-40	Эстонские сланцы	>	560	143	150	990	158
Е-25/40	Б-25-15ГМ	Газ, мазут	>	340	112	316	594	118
Е-35/40	Б-35-40	Бурые угли	>	722	291	318	1485	208
Е-35/40	К-35-40	Камен. уголь	>	722	324	379	1485	207
Е-35/40	С-35-40	Эстонские сланцы	>	860	300	270	1540	219
Е-35/40	С-35-40	Эстонские сланцы	>	405	184	554	800	125
Е-45/40ГМ	БГ-45-р	Газ, мазут	>	894	339	549	2473	207
Е-50/40	БП-50-40	АШ	>	827	241	576	2582	205
Е-50/40	Б-50-40	Бурые угли	>	894	410	456	2473	210
Е-50/40	К-50-40	Камен. уголь	>	833	181	576	2582	205
Е-50/40	Т-50-40	Торф	>	715	165	524	1428	145
Е-50/40ГМ	ГМ-50-40	Газ, мазут	>	—	—	—	—	263
Е-75/40ГМ	БКЗ-75-40ГМ	То же	>	1300	520	940	4200	340
Е-75/40	БКЗ-75-40	АШ, камен. и бурые угли	>	1500	620	810	4200	410
Е-75/40	КМ-75-40	Кора, уголь, мазут	Слоевой и факельный	—	—	—	—	—

Котлы (парогенераторы) изготовляют: Таганрогский завод «Красный котельщик»—марки ТПП, ТГМП и соответственно ТП, ТГМ; Подольский завод имени Орджоникидзе—марки П и ПК; Барнаульский котельный завод—марка БКЗ; Белгородский котельный завод—марки Б или БКЗ; Бийский котельный завод котлы ДКВР, а также водогрейные котлы ПТВМ-100 и ПТВМ-180.

## Вертикально-водотрубные котлы ДКВР Бийского котельного завода

Типоразмер	Поверхность нагрева, м <sup>2</sup>	Масса котла, т						
		Тип топки						
		ПМЗ-РПК	ПМЗ-ЛЦР	ПМЗ-ЧЦР	ЧЦР	Померя-цева (ЦКТИ)	Шершнева	Камерная
		Топливо						
		Камен. и бурый угли	Камен. и бурый угли	Камен. и бурый угли	Антрацит АС и АМ	Древесные отходы	Фрезерный торф	Газ и мазут
ДКВР-2,5-13	91	6,9	—	—	—	8,6	7,9	6,9
ДКВР-4-13	138	8,7	—	—	—	10,3	9,7	9,0
ДКВР-4-13-250	129	9,1	—	—	—	10,6	10,2	9,4
ДКВР-6,5-13	225	11,3	—	—	—	15,2	13,1	12,2
ДКВР-6,5-13-250	207	12	—	—	—	15,6	13,3	12,0
ДКВР-6,5-23	225	13,4	—	—	—	17,6	15,8	14,5
ДКВР-6,5-23-370	207	14,7	—	—	—	18,5	16,6	15,2
ДКВР-10-13	277	16,4	15,2	15,2	16,4	18,6	17,5	15,7
ДКВР-10-13-250	255	17	15,7	15,7	17	19,6	18,1	16,6
ДКВР-10-23	277	18,9	17,6	17,6	18,9	20,9	19,8	17,8
ДКВР-10-23-370	255	20,1	18,8	—	—	—	—	—
ДКВР-10-39	255—296	31,5	—	—	—	—	—	31,5
ДКВР-10-39-440	202—243	33,3	—	—	—	69,7	—	34,0
ДКВР-20-13	390	—	44	44	—	—	—	42,0
ДКВР-20-13-250	358	—	44,4	44,8	—	—	—	42,0
ДКВР-20-23	390	—	46,9	46,9	—	—	—	45,0
ДКВР-20-23-250	358	—	47,5	47,5	—	—	—	45,0
ДКВР-35-13-250	452	—	55,9	58,4	64,8	—	—	42,0

## Водогрейные теплофикационные котлы Дорогобужского и Бийского котельных заводов

Типоразмер	Количество циркулирующей воды, т/ч	Масса котла, т
КВ-ТС-10 и КВ-ГМ-10	123,5	—
КВ-ТС-20	245	—
ПТВМ (ТВГМ)-30	375	70
ПТВМ-50	620/1200 *	119
ПТВМ-100	1235/2140 *	168
ПТВМ-180	3360	229

\* Число после черты — количество циркулирующей воды при пиковых нагрузках.

Примечания: 1. КВ — котел водогрейный, ТС или ГМ — теплофикационный слоевой или на газе (мазуте), ПТВМ — пиковый, теплофикационный водогрейный, мазутный; число — тепловая производительность — Гкал/ч.

2. Давление воды на выходе 2,5 МПа; *t* воды на входе и на выходе 70 и 150 °С.

Капремонт котлоагрегатов 1 раз в 3—4 года.

Нормы простоя котлоагрегатов в планово-предупредительных ремонтах

Паропроизводит., т/ч	p <sub>н</sub> , МПа	Тип котла	Межремонтный период, годы, не менее	Простой, календарные сутки				в году только текущих ремонтов
				в году проведения капремонта		в году проведения только средних ремонтов		
				в капремонте	в текущих ремонтах	в среднем ремонте	в текущих ремонтах	
До 35	До 6,5	СУ-15-40; СУ-20-40; ТС-20; Б-35-40; К-35-40; ТП-20; ТП-35 и др.	4	15	6	6	6	9
36—100		К-50-40; Е-50-40; БП-50-50; БКЗ-75-39; ПК-7; НЗЛ-2; НЗЛ-3; ЛМЗ-3; ЛМЗ-4 и др.	4	18	7	7	7	11
101—150		ТКЗ-1; ТКЗ-2; ТКЗ-3; ТКЗ-120; ТКЗ-150; ТКП-1; ТКП-7; ТП-11; ТП-34; ТП-36; ТП-160; ПК-4; ПК-8; НЗЛ-1; НЗЛ-7 и др.	4	20	8	8	8	12
151—200		ТП-200-1; ТП-200-2; ТКЛ-2; ТКЛ-3; ПК-9; ТКП-2; ТКП-3; ТКМ-6; КО-II; КО-III; КО-IV	4	23	9	9	9	15
70—120	6,5—12,5	БКЗ-120-100; ПК-19; ПК-19-2; ПК-20-2	4	23	9	9	9	15
160—170		БКЗ-160-100; ТП-170	4	25	10	10	10	15
220—230		ТП-230; ТП-7; ТП-8; ТП-18; ТП-41; ТП-43; ТП-45; ТП-46а; ПК-10 (ПК-14; ПК-20); ПК-100-2; БКЗ-220-100	4	33	13	13	13	20
210, 320	14 и 18,5	БКЗ-210-140; БКЗ-320-140	4	34	14	14	14	21
420, 480		ТП-80; ТП-81; ТП-82; ТП-83; ТП-84; ТП-85; ТП-86; ТП-87; БКЗ-420-140-3	3	40	16	16	16	24
240, 270 320		ПК-24; ПК-38-1; ТП-67; ТП-240-1	3	36	14	14	14	21

Примечание. Нормы простоя энергоблоков в планово-предупредительном ремонте см. на стр. 116.

К, п. д. брутто котла, %,

$$\eta_{\text{к}} = \frac{D(i_{\text{пе}} - i_{\text{п.в}}) + D_{\text{пр}}(i_{\text{пр}} - i_{\text{п.в}})}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} B} \cdot 100,$$

где  $D$  — часовая паропроизводительность, кг/ч;  $D_{\text{пр}}$  — расход продувочной воды, кг/ч;  $i_{\text{пе}}$  — энтальпия пара, кДж/кг;  $i_{\text{п.в}}$ ,  $i_{\text{пр}}$  — энтальпия питательной и продувочной воды, кДж/кг;  $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$  — рабочая теплотворная способность топлива, кДж/кг;  $B$  — часовой расход топлива, кг/ч.

$$\eta_{\text{к}} = q_1 = [100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6)],$$

где  $q_2$  — потеря тепла с уходящими газами (4—7%);  $q_3$  — потеря тепла от химического недожога топлива; 1—3% при сжигании в слое; 0,5% — в факельных топках; 1—1,5% при сжигании газообразных и жидких топлив;  $q_4$  — потеря тепла от механического недожога топлива: при пылевидном сжигании 0,5—5%; при жидком и газовом топливах ~ 0,5%;  $q_5$  — потеря тепла от наружного охлаждения (0,4—1%);  $q_6$  — потеря тепла с физическим теплом шлаков (0,5—1,5%).

Коэффициент рабочего времени котла

$$\eta_{\text{р}} = \Sigma \tau_i / \tau_{\text{к}},$$

где  $\tau_i$  — продолжительность рабочей кампании котла за период  $\tau_{\text{к}}$ .  
Коэффициент готовности котла к эксплуатации

$$\eta_{\text{г}} = \frac{\Sigma \tau_i + \Sigma \tau_{\text{рi}}}{\tau_{\text{к}}},$$

где  $\tau_{\text{рi}}$  — время пребывания котла в резерве (горячем и холодном).  
Среднегодовая нагрузка котла  $D_{\text{год}}$   
 $= (\Sigma D)_{\text{год}} / \tau_{\text{год}}$ , где  $(\Sigma D)_{\text{год}}$  — годовая выработка котла;  $\tau_{\text{год}}$  — годовое число часов работы котла.

Среднегодовой коэффициент нагрузки  $f_{\text{ср}}$   
 $= D_{\text{год}} / D$ ,  $D$  — номинальная выработка котла.

Коэффициент использования мощности котла

$$k_{\text{исп}} = \frac{(\Sigma D)_{\text{год}}}{D \cdot 8760}.$$

Число часов использования установлено мощности котла, ч/год,

$$\tau_{\text{исп}} = (\Sigma D)_{\text{год}} / D.$$

Турбины для привода питательных насосов к блокам с турбинами К-300-240 ЛМЗ<sup>1</sup> и ХТГЗ<sup>2</sup> и К-500-240 ХТГЗ

Характеристика	Тип турбины		
	ОР-12п	ОСПТ-1150	ОК-12п
$N_{\text{н}}$ , кВт	12 500	12 500	10 800
$n$ , об/мин	6000	5150	4700
$p$ перед стопорным клапаном, МПа	1,5	1,5	1
$t$ перед стопорным клапаном, °С	450	440	375
$p$ отработавшего пара, МПа	0,3	0,25	0,055
Общая масса турбины, т	12,5	14,75	3,73

<sup>1</sup> ЛМЗ — Ленинградский металлургический завод имени XXII съезда КПСС.

<sup>2</sup> ХТГЗ — Харьковский турбогенераторный завод им. С. М. Кирова.

Капремонт питат. насоса должен производиться через 12 000—15 000 ч его работы. В случае снижения производительности насоса ремонт может производиться ранее указанного срока.

## РЕАКТОРЫ АЭС

### Водо-водяные реакторы

Основные характеристики	Тип		
	ВВЭР-440	ВВЭР-500	ВВЭР-1000
Давление в корпусе реактора, МПа	12,5	16	16
$t$ воды на входе в реактор, °С	268	289	289
$t$ воды на выходе из реактора, °С	301	322	322
К. п. д. брутто, %	32	33	33
К. п. д. нетто, %	29,7	31,5	31,5
Давление пара перед турбиной, МПа	4,4	6	6
Расход воды через реактор, м <sup>3</sup> /ч	39 000	38 000	76 000
Число петель главного реакторного контура, шт.	6	2	4
Производит. главного циркуляционного насоса, м <sup>3</sup> /ч	6500	19 000	19 000
Диаметр корпуса, м	3,84	4,50	4,50
Высота корпуса, м	11,80	8,10	10,85
Скорость воды, м/с:			
в главных трубопроводах	9,6	9,8	9,3
во входных патрубках	9,6	9,8	9,3
в опускной системе	8	4	6,3
в активной зоне	3,5	3,1	5,3
Средние тепловые нагрузки, МДж/(м <sup>2</sup> × ч)	1508	1521	2280
Высота активной зоны, м	2,5	2,5	3,5
Условный (эквивалентный) диаметр активной зоны, м	2,88	3,2	3,2
Диаметр стержневого ТВЭЛ <sup>1</sup> , мм	9,1	9,1	9,1
Число стержней в кассете, шт.	126	331	331
Число кассет в активной зоне, шт.	349	—	151
Число механизмов регулирования, шт.	37	—	109

<sup>1</sup> ТВЭЛ — тепловыделяющий элемент.

Основные характеристики	Тип		
	ВВЭР-440	ВВЭР-500	ВВЭР-1000
Средняя глубина выгорания МВт × сут/(кг U) . . . . .	28,6	26—40	26—40
Средняя удельная напряженность активной зоны, кВт/л . . . . .	83	111	111

Примечания. В обозначении типа: ВВЭР — водо-водяной энергетический реактор, число — эл. мощность, МВт.

В реакторе имеется борное регулирование; материал оболочек ТВЭЛ — циркониевый сплав с 1% Nb; среднее обогащение топлива, %: 3,5 и 3,3—4,4.

### Парогенераторы АЭС с ВВЭР

Основные характеристики	Тип	
	ВВЭР-440	ВВЭР-500 и ВВЭР-1000
Внутренний диаметр корпуса, м . . . . .	3,21	4
Длина корпуса, м . . . . .	11,95	15
Давление теплоносителя, МПа . . . . .	12,5	16
Внутренний диаметр коллектора теплоносителя, м . . . . .	0,8	0,85
Толщина стенок коллектора теплоносителя, мм . . . . .	130	160
Число/диаметр × толщина стенки трубок, шт./мм . . . . .	5146/16 × 1,4	15648/12 × 1
Средняя длина трубок, м . . . . .	8,7	8,9
Скорость теплоносителя в трубках, м/с . . . . .	2,7	4,89
Максимальная высота трубного пучка, м . . . . .	1,9	2,2
Масса парогенератора без воды, т . . . . .	145	265

### Канальные реакторы большой мощности АЭС

Основные характеристики	Тип	
	РБМК-1000	РБМК-1500
К. п. д., % . . . . .	31,3	31,3
Высота активной зоны, м . . . . .	7	7
Диаметр » » , м . . . . .	11,8	11,8
Число каналов, шт. . . . .	1693	1661
Загрузка урана, т . . . . .	192	189
Среднее обогащение урана, % . . . . .	1,8	1,8
Средняя глубина выгорания, МВт·сут/кг . . . . .	18,1	18,1
Размеры оболочек ТВЭЛ: $\phi$ /толщина, мм . . . . .	13,5/0,9	13,5/0,9
Материал оболочек ТВЭЛ . . . . .	Циркониевый сплав	
Расход воды, циркулирующей в реакторном контуре, т/ч . . . . .	37 500	29 000
Давление в барабанах-сепараторах, МПа . . . . .	7	7
Паропроизводит. реактора, т/ч . . . . .	5800	8800
Расход пара на турбины, т/ч . . . . .	5400	8200
Параметры пара перед турбиной, МПа/°С . . . . .	6,5/280	6,5/280

Примечание. Р — реактор; Б — большой; М — мощности; К — канальный; число — эл. мощность, МВт.

# ОБОРУДОВАНИЕ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

## Питательные турбо- и электронасосы

Тип	Подача, м <sup>3</sup> /ч.	Р <sub>н</sub> в на- гнетатель- ном пат- рубке, МПа	Частота вращения насоса, об/мин	Масса насоса, т	Мощность энергоблока, МВт	Привод	
						Тип	Р <sub>н</sub> , кВт
ПЭ-65-56	65	5,8	2960	1,2	—	—	—
ПЭ-100-56	100	5,8	2960	—	—	—	—
ПЭ-150-145	150	14,5	1430	4,2	—	Эл. дв. АЗ-1000	1000
ПЭ-270-150	270	15	2970	6,3	—	Эл. дв. АЗ-2000	2000
ОВПТ-270А	270	14	5000	17,6	—	Паровая турбина	1460
ПЭ-380-185/200-2*	380	18,5/20	2980	11	—	Эл. дв. АТД-4000	4000
ПЭ-430-180/200*	430	18/20	2900	9,7	—	Эл. дв. АТД-4000	4000
ОВПТ-500А	500	18,6	6800	17,6	—	Паровая турбина	3400
ПЭ-500-180-4*	500	18	2900	10,8	—	Эл. дв. АТД-4000	4000
ПЭ-580-185/200-2	580	18,5/20	2985	11,3	160	Эл. дв. АТД-5000	5000
ПЭ-720-185-2*	720	18,5	2900	11	200	Эл. дв. АТД-5000	5000
ПЭ-600-300	600	32	6300	13	300 (ХТГЗ)	Эл. дв. АТД-8000	8000
ОСПТ-1150	1150	34	5150	10,3	300	Паровая турбина	12500
ПТН-1100-350-24	900	34	5200	—	250	То же	12000
ПН-1135-340	1135	34	5150	17	300	> >	12500
ПН-1500-350	1400	34	4650	22	800	> >	14800
СВПЭ-320-550*	550	32	7500	13,2	300 (ЛМЗ)	Эл. дв. типа АТД-8000	8000
СВПТ-340-1000	1040	34	6000	22	300	Паровая турбина	12500
СВПТ-350-850	950	35	4700	23	500	Паровая турбина ОК-12П	10800
СВПТ-350-1350	1500	35	5500	21	800	Паровая турбина ОР-18П	14300

\* Насосы с гидромуплой.

### Гидромурфты питательных насосов

Тип	Мощность на ведущем валу, кВт	n, об/мин	Скольжение при P н° %	Глубина регулирования по скольжению	Расход масла на гидромурфту, м³/ч	Масса т
ГМ-590×2	1900	2980	3	45	25,2	—
МГ2-600	1400	2980	3	3—20	60	2,25
МГ2Л-650	4000	2980	3	3—20	90	2,5
ГМ-5000	5000	2980	3	25	30	—
ГМ-7000	7000	2980	3	16	46,5	—
ГМ-8000	8000	2970	2—3	18	80	—

### Дутьевые вентиляторы и дымососы

Дутьевые вентиляторы (ГОСТ 9725-61) предназначены для паровых котлов паропроизводит. 2—640 т/ч. Основные параметры:

Производит., м³/ч	Напор, МПа	Производит., м³/ч	Напор, МПа
3000—10000	8—20	70 000—100 000	15—45
10 000—50 000	10—30	100 000—500 000	20—45
50 000—70 000	15—30		

Номера вентиляторов и наружный диаметр их рабочих колес по внешним выходным кривым лопаток:

№ вентилятора: 5; 6; 6,3; 7; 8; 9; 10; 11; 12,5; 14; 16; 18; 20; 22; 25.

Диаметр рабочих колес, мм: 100 × №. Пример: диаметр рабочего колеса вентилятора № 12,5; 100 × 12,5 = 1250 мм.

Дымососы и вентиляторы центробежные котельные (по ГОСТ 5308-50)

Дымососы: 8; 13; 20; 35; 50; 75; 120; 165; 190; 220; 270; 320 тыс. м³/ч; напор 400—4500 Па.

Вентиляторы: 5; 10; 15; 25; 40; 60; 80; 100; 120; 140 тыс. м³/ч; напор 700—4500 Па.

### Дутьевые вентиляторы

Тип	Параметры при номин. режиме			Потребл. мощность, кВт	Габаритные размеры, м	Масса, т
	Производит., тыс. м³/ч	Давление, кПа	n, об/мин			

### Вентиляторы при t=20 и 30 °C

ВД-18	105	5	730	210	2,9×2,8×3	3,5
ВДН-18-Иу	115	3,6	1000	140	3,4×1,8×4,1	5,4
ВДН-18-И	170	3,7	1000	210	3,4×1,7×4,1	5,5
ВДН-19	125	4,3	980	180	3,4×3,9×3,7	6,3
ВД-20	140	6,3	730	350	3×3,1×3,3	3,9
ВДН-20,5	160	4,8	980	255	3,4×3,9×3,8	5,9
ВДН-20-Иу	165	4,5	1000	260	4,6×1,7×3,6	6,0
ВДН-20-И	225	4,8	1000	355	4,6×1,9×3,5	6,2
ВДН-20-И	210	3,3	740	230	3,9×5×4	7,9
ВДН-24	200	3,9	735	255	4×3,9×5	7,9
ВДН-24-И	275	3,9	740	350	4,2×5,5×4,4	8,9
ВДН-24×2-И	600	4,2	735	720	7,5×4,5×5,4	19
ВДН-25×2	520	8	980	1265	—	26,8
ВДН-26	240	4,7	735	372	4,2×4,7×5,4	8,4
ВДН-26-11	350	4,6	740	521	4,6×6×4,7	9,8
ВДН-32Н-И	500	5,8	730	925	4,9×5,4×6,9	16

Количество и производит. питат. насосов должны соответствовать следующим нормам:

Для ТЭС с общими питат. трубопроводами:

а) На ТЭС, включенных в энергосистемы, суммарная производительность для всех питат. насосов д. б. такой, чтобы в случае остановки любого из них оставшиеся обеспечили работу котельной при номинальной производит. всех установленных котлов. На ТЭС допускается не устанавливать резервный питат. насос, при этом при выходе одного из насосов остальные должны обеспечить соблюдение условий, см. стр. 83.

б) На ТЭС, не включенных в энергосистемы, суммарная производит. питат. насосов должна обеспечивать работу всех установленных котлов при номинальной паропроизводит.; кроме того, должно устанавливаться не менее двух резервных питат. насосов с паровым приводом.

в) Допускается применение турбонасосов в качестве основных, постоянно работающих питат. насосов с установкой по крайней мере одного питат. насоса с электроприводом для пуска ТЭС с нуля.

Для ТЭС с блочными схемами:

а) Производит. питат. насосов определяется максимальными расходами питат. воды на питание котлов с запасом не менее 5%.

б) На блоках с давлением пара 13 МПа (130 кгс/см²) на каждый блок устанавливается, как правило, один питат. насос производит. 100%, на складе предусматривается один резервный насос для всей ТЭС. Питат. насосы принимаются с эл. приводом и гидромурфтами.

в) На блоках с закритическим давлением пара устанавливаются питат. насосы с турбоприводами, один производит. 100% или два по 50%; при установке на блок одного турбонасоса производит. 100% дополнительно устанавливается насос с эл. приводом и гидромурфтой производит. 30—50%.

При установке на блок двух турбонасосов производит. по 50% насос с эл. приводом не устанавливается; к турбонасосам предусматривается резервный подвод пара.

Капремонт питат. насосов производится 1 раз в 3—4 года.

Тип	Параметры при номин. режиме			Потребл. мощность, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, т
	Производит., тыс. м³/ч	Давление, кПа	л, об/мин			

Вентиляторы горячего дутья при  $t=400^\circ\text{C}$ 

ВГД-13,5	60	2,2	970	51	2,6×2,1×2,3	2,4
ВГД-15,5	85	2,9	970	95	2,7×2,4×2,9	2,8
ВГД-20	146	2,7	730	156	3,3×3,3×3	4,8

Примечание. ВГД — вентилятор горячего дутья; ВДН — вентилятор дутьевой с загнутыми назад лопатками; ВД — вентилятор дутьевой. Число — диаметр рабочего колеса, мм.

## Дымососы

Тип	Параметры при номинальном режиме			Потребл. мощность, кВт	Масса, т
	Производит., тыс. м³/ч	Давление, кПа	л, об/мин		
Д-15,5×2	105	2,4	735	98	5
Д-20	140	3,8	730	215	4,5
ДН-22	144	3,4	740	172	8
Д-18×2	180	3,3	735	270	8
ДН-24	185	4	740	262	8,9
ДН-26	237	4,7	740	395	10
ДН-22×2-0,62	285	3,4	740	345	18,4
Д-21,5×2	305	4,7	730	558	11
ДН-24×2-0,62	370	4	740	525	21,5
ДН-26×2-0,62	475	4,7	740	790	29,1
ДОД-28,5	585	3,8	570	750	46,5
ДОД-31,5	725	3,3	475	790	50,3
ДОД-33,5	840	3,7	570	1015	54,6
ДО-31,5	980	4,7	570	1800	57
ЛОД-41	1140	3,2	370	1140	98,3
ЛОД-43	1335	3,6	370	1570	103,5

Примечание. Д — дымосос; Н — загнутые назад лопатки; О — осевое число — число всосов; 0,62 — отношение диаметра входа в крыльчатку к диаметру по выходным кромок лопаток.

Дымососы для отсасывания дымовых газов из топков работают при  $t$  не выше  $200^\circ\text{C}$ , а дымососы для рециркуляции газов — при  $t \leq 400^\circ\text{C}$ .

Характеристика дымососов и дутьевых вентиляторов выбирается с учетом запасов против расчетных величин: 10% по производит. и 15% по напору. Указанные запасы включают также необходимые резервы в характеристиках машин для целей регулирования нагрузки котла.

При номинальной нагрузке котла дымососы и вентиляторы должны работать при к. п. д. не ниже 90% максимального значения.

При установке на котел двух дымососов и двух дутьевых вентиляторов производит. каждого из них выбирается по 50%. Для котлов на АШ и тощих углях и случае работы одного дымососа или одного дутьевого вентилятора должна обеспечиваться нагрузка котла не менее 70% без запаса.

Для котлов паропроизводит. 500 т/ч и менее, а также для каждого котла дубль-блока устанавливают один дымосос и один вентилятор. Установка двух дымососов может допускаться только при соответствующем обосновании.

Для регулирования работы центробежных дымососов и дутьевых вентиляторов у котлов блочных установок применяются направляющие аппараты с поворотными лопатками в сочетании с двухскоростными эл. дв. Для остальных котлов целесообразно установки двухскоростных эл. дв. проверяется в каждом конкретном случае.

Для осевых дымососов применяются направляющие аппараты с односкоростными эл. дв.

Высота дымовых труб и тип золоулавливающих устройств выбираются в соответствии с утвержденной методикой расчета рассеивания в атмосфере выбросов из дымовых труб ТЭС и проверяются по допустимой запыленности их перед дымососами.

Расчет ведется по расходу топлива при  $P_{\text{макс}}$  ТЭС и тепловой нагрузке при средней  $t$  наиболее холодного месяца. При летнем режиме в случае установки пяти турбин и более расчет ведется с учетом остановки одной из них на ремонт.

Дымовые трубы ТЭС (вентиляционные трубы АЭС) должны подвергаться наружному осмотру 1 раз в год (весной) и внутреннему осмотру — через 5 лет после ввода, а в дальнейшем по мере необходимости, но не реже 1 раза в 10 лет. При высоте труб 100 м и более должна производиться геодезическая проверка отклонения труб от вертикали не реже 1 раза в 5 лет.

При  $t$  окружающего воздуха  $25^\circ\text{C}$  на поверхности обмуровки не должна превышать  $55^\circ\text{C}$ . Потери тепла с поверхности обмуровки вновь устанавливаемых котлов не должны превышать 300 ккал/(м²·ч).

Присосы воздуха в топку газомазутных котлов производит. 320 т/ч и ниже не должны превышать 5%, а выше 320 т/ч — 3%, пылеугольных котлов соответственно — 8 и 5%.

Топки с цельносварными экранами д. б. бесприсосными. Присосы воздуха в газовом тракте от выхода из пароперегревателя (в топке с  $t$  не выше  $600^\circ\text{C}$ ) до выхода из дымососа не должны превышать (без учета золоуловителей): при трубчатом воздухоподогревателе 10%; при регенеративном воздухоподогревателе 25%.

Присосы воздуха в электрофильтрах не должны превышать 10%, в золоуловителях др. типов — 5%.

Присосы воздуха в топку и конвективную часть водогрейного котла не должны превышать 5%.

Нормы присосов даны в процентах теоретически необходимого количества воздуха для номинальной нагрузки котла.

## ОЧИСТКА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ И УДАЛЕНИЕ ШЛАКОВ

## Электрофильтры горизонтальные

Показатели	Типоразмеры										
	УГ1-2-10	УГ1-3-10	УГ1-2-15	УГ1-3-15	УГ2-3-26	УГ2-4-26	УГ2-3-37	УГ2-4-37	УГ2-3-53	УГ2-4-53	УГ2-3-74
Общая площадь осаждения электродов, м <sup>2</sup> . . . . .	420	630	630	940	1690	2250	2360	3150	3370	4500	4700
Длина, м . . . . .	9,6	14,1	9,6	14,1	14,1	18,6	14,1	18,6	14,1	18,6	14,1
Высота, м . . . . .	12,3	12,3	12,3	12,3	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4
Ширина <sup>1</sup> , м . . . . .	3,0	3,0	4,5	4,5	4,5	4,5	6,0	6,0	9,0	9,0	12,0

Показатели	Типоразмеры										
	УГ2-4-74	УГ3-3-88	УГ3-4-88	УГ3-3-115	УГ3-4-115	УГ3-3-177	УГ3-4-177	УГ3-3-230	УГ3-4-230	УГ3-3-265	УГ3-4-265
Общая площадь осаждения электродов, м <sup>2</sup> . . . . .	6300	9200	12300	12100	16100	18400	24600	24200	32200	27600	36900
Длина, м . . . . .	18,6	18,8	24,8	18,8	24,8	18,8	24,8	18,8	24,8	18,8	24,8
Высота, м . . . . .	15,4	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8
Ширина <sup>1</sup> , м . . . . .	12,0	9,0	9,0	12,0	12,0	18,0	18,0	24,0	24,0	27,0	27,0

<sup>1</sup> По осям крайних опор.

Примечание. Типоразмер УГ1-2-10: унифицированной горизонтальный; первая цифра — габарит (1, 2 и 3) — УГ1 с активной высотой поля 4,2 м, УГ2 — то же 7,5 м, УГ3 — то же 12,2 м; вторая цифра — количество полей; третья цифра — площадь активного сечения, м<sup>2</sup>. Шаг между одноименными электродами во всех электрофильтрах — 275 мм. Электрофильтры 1-го и 2-го габарита имеют активную длину полей 2,5 м, а 3-го габарита — 4 м. Электрофильтры (1-го габарита выпускаются 2- и 3-польными, а 2-го и 3-го габарита — 3- и 4-польными. Корпуса электрофильтров УГ рассчитаны на работу под разрежением до 3—4 кПа и заполнение бункеров пылью с насыпной массой до 1500 кг/м<sup>3</sup>.

## Электрофильтры вертикальные

Показатели	УВ-2×10	УВ-3×10	УВ-2×16	УВ-2×24	УВ-3×24
Общая площадь осаждения электродов, м <sup>2</sup> . . . . .	1170	1760	1760	2600	3900
Ширина × длина (по осям опор), м . . . . .	6×4,5	9×4,5	9×4,5	9×6	13,5×6
Высота, м . . . . .	19,9	19,9	19,9	21,4	21,4

**Примечание.** Типоразмер УВ-2×10: унифицированный вертикальный; первая цифра — количество секций; число за цифрой — площадь активного сечения секции, м<sup>2</sup>; количество полей в электрофильтрах — 1; шаг между одноименными электродами 275 мм; активная длина поля 7,4 м.

### Устройство для удаления шлака

Шлакоудаляющие устройства и дробилки	Вид шлака	Выход шлака на транспортер или в дробилку, т/ч	Пронзводит. портера или дробилки, т/ч	Удельные затраты эл. энергии на шлакоудаление, кВт·ч/т
Скребокковые транспортеры	Твердый и жидкий	1,5—3	25—35	0,3—0,5
Шнековые транспортеры	То же	1—2	4—8	0,5—0,8
Роторное шлакоудаление	Жидкий	1,5—2	10	0,7—1
Шлакосбросные барабаны	Твердый	2—2,5	20—25	До 0,1
Одновалковые дробилки	Твердый и жидкий	1—3	10—12	0,4—0,8
Трехвалковые дробилки	Жидкий	1—3	6—10	0,6—1

### Характеристики золосмывных аппаратов непрерывного действия

Пронзводит. на сухой золе, т/ч	Давление воды перед смывным соплом, МПа	Кратность смыва <sup>1</sup> , т воды/т золы
1,0	0,2	3,9
1,5	0,2	3,2
2,0	0,2	3,5
2,5	0,2	3,4
3,0	0,2	2,9
4,0	0,3	4,0
5,0	0,3	3,2
6,0	0,3	3,4

<sup>1</sup> Расход воды на один золосмывной аппарат не менее 4 м<sup>3</sup>/ч.

### Гидроаппараты Москалькова

Производит. по сухому материалу, т/ч	40
Давление эжектирующей воды, МПа	6—7
Давление гидромассы за аппаратом, МПа	0,7—0,8
Количество гидроаппаратов на 3 котла производит. по 160—230 т/ч, шт.	2

### Характеристики багерных насосов

Тип	Производит., м <sup>3</sup> /ч	Давление на выходе из насоса, МПа	D рабочего колеса, мм	P <sub>н</sub> на валу насоса, кВт	P <sub>н</sub> эл. дв., кВт	n <sub>н</sub> , об/мин
3Гр-8	36—75	0,17—0,135	225	3,33—4,7	10	1450
5Гр-8	100—230	0,36—0,28	325	20—32	40	1450
5Гру-12	100—150	0,18—0,165	254	10,5—13	20	1450
8Гру-12	250—550	0,21—0,17	400	26,4—46,2	55	985
8Гр-8г	280—500	0,39—0,3	500	49,7—74,5	125	985
12Гр-8г	1000—2000	0,57—0,48	840	270—422	500	730
20Гр-8г	3000—5500	0,7—0,52	1390	928—1190	1600	485

Площади, закрепляемые для организации золошлакоотвалов, должны обеспечить работу ТЭС в течение не менее 25 лет. Емкости золошлакоотвалов предусматриваются достаточными для работы ТЭС в течение 5 лет после ввода ее на проектную мощность.

Потребные емкости золошлакоотвалов на 1000 кВт установленной мощности при сжигании некоторых углей:

Топливо . . . .	Донецкий уголь АШ	Подмосковный уголь Б	Львовско-волынский уголь Г	Экибастузский уголь СС	Канский уголь Б	Эстонские сланцы
Емкость, м <sup>3</sup> /год	5,8	16,7	12	16	5,2	25,4

### ТРУБОПРОВОДЫ

#### Категория трубопроводов

Категория трубопровода	Среда	Рабочие параметры среды	
		p, МПа (избыточное)	t, °C

#### Пар и вода

1	a } Перегретый пар	Не ограничено	Выше 580
			Выше 540 до 580 (вкл.)
	b }		Выше 450 до 540 (вкл.)

Продолжение

Категория трубопровода	Среда	Рабочие параметры среды	
		p, МПа (избыточное)	t, °C
1	г } Горячая вода, насыщенный пар	Более 3,9	До 450 (вкл.)
		Более 8	Выше 115
2	a } Перегретый пар	До 3,9 (вкл.)	Выше 350 до 450 (вкл.)
		Более 2,2 до 3,9 (вкл.)	До 350 (вкл.)
	в } Горячая вода, насыщенный пар	Более 3,9 до 8 (вкл.)	Выше 115
3	a } Перегретый пар	До 2,2 (вкл.)	Выше 250 до 350 (вкл.)
		Более 1,6 до 2,2 (вкл.)	До 250 (вкл.)
	в } Горячая вода, насыщенный пар	Более 1,6 до 3,9 (вкл.)	Выше 115
4	a } Перегретый и насыщенный пар	Более 0,07 до 1,6 (вкл.)	Выше 115 до 250 (вкл.)
		б } Горячая вода	До 1,6 (вкл.)
Горючие газы и горючие жидкости			
1	Горючие газы и горючие жидкости	Не ограничено	350—700
2	То же	2,5—6,4	250—350 и от —70 до 0
3	То же	1,6—2,5	120—250 и от —70 до 0
4	То же	До 1,6	До 120

**Сортамент сварных труб для трубопроводов**

Маркировка труб (продольной цветной полосой по всей длине): Сталн: 20 — зеленая; 15ГС — коричневая; 15ХМ — фиолетовая; 12Х1МФ — красная; 15Х1М1Ф — белая; 12Х2МФСР — синяя; Х18Н12Т — черная.

Все трубы котлов в. д. и сверхкритического давления проходят гидравлическое испытание давлением:

$$p = \frac{200s_m R}{D_n - s_m} \left( \text{при } \frac{s_m}{D_n} \leq 0,13 \right)$$

или

$$p = \frac{265s_m (D_n - s_m) R}{D_n^2} \left( \text{при } \frac{s_m}{D_n} \geq 0,13 \right),$$

где  $s_m$  — минимальная толщина стенки трубы с учетом минусового допуска, мм;  $D_n$  — номинальный наружный диаметр трубы, мм;  $R$  — допускаемое напряжение, кгс/см<sup>2</sup> (0,8 предела текучести) (1 кгс/см<sup>2</sup> = 0,1 МПа);  $p$  — давление при гидравлическом испытании, кгс/см<sup>2</sup>.

Трубы из углеродистой стали применяются для поверхностей нагрева с  $t_{\text{раб}} \leq 500^\circ \text{C}$ , из легированной перлитной стали для трубопроводов и коллекторов — с  $t_{\text{раб}} \leq 575^\circ \text{C}$ .

Для более высоких температур применяются трубы из аустенитной стали.

**Скорость движения среды в трубопроводах**

Трубопровод	Скорость, м/с
Паропроводы свежего пара от котлов к турбинам:	
сверхвысокого и в. д. . . . .	40—60
повышенного, среднего и н. д. . . . .	40—70
Паропроводы промежуточного перегрева:	
горячего . . . . .	40—50
холодного . . . . .	35—45
Прочие паропроводы:	
н. д. . . . .	40—70
насыщенного пара . . . . .	20—40
подводов пара к РОУ и БРОУ <sup>1</sup> . . . . .	60—90
Водопроводы, работающие под действием насосов:	
питательные трубопроводы котлов . . . . .	2,5—4
конденсатопроводы, вспомогательные трубопроводы (сырой, химически очищенной, технической и смывной вод) . . . . .	2—3
всасывающие к насосам всех назначений . . . . .	0,6—1,5
свободного слива, перелива и т. п. . . . .	1—2
Трубопровод сжатого воздуха и других газов . . . . .	10—20
Трубопровод вязких веществ (масло, мазут и пр.) . . . . .	1—2

<sup>1</sup> РОУ — редуциционно-охлаждающая установка; БРОУ — то же быстродействующая.

Условное давление, кгс/см <sup>2</sup>	Условный проход $D_y$ , мм	Размеры трубы $D_n \times s$ , мм	Масса 1 м трубы, кг
	15	18×2	0,8
	20	25×2	1,1
	25	32×2	1,5
	32	38×2	1,8
(40)	45	45×2	2,1
50	57	57×2	2,7
(70)	76	76×2	3,6
80	89	89×2	4,3
400	426	426×7	72,3
(450)	478	478×8	81,3
500	530	530×7	90,1
600	630	630×7	107,5
700	720	720×8	140,5
	400	426×7	73,4
(450)	480	480×7	82,9
500	530	530×7	91,6
600	630	630×7	109,1
	800	820×9	180
900	920	920×8	180
1000	1020	1020×8	200
1200	1220	1220×9	269

$p_y \leq 10 - \text{C};$   
ГОСТ 10704-63 \*

$p_y \leq 10 - \text{C};$   
ГОСТ 8696-62

$p_y \leq 6 - \text{C};$   
ГОСТ 10704-63

Примечание. Во всех ГОСТ на трубы для трубопроводов  $p_y$  указаны в кгс/см<sup>2</sup>.

Сортамент бесшовных труб для трубопроводов;  $p_y \leq 40 - C$ 

Условный проход $D_y$ , мм	Размеры трубы $D_n \times s$ , мм		Масса 1 м трубы, кг	ГОСТ	Условный проход $D_y$ , мм	Размеры трубы $D_n \times s$ , мм		Масса 1 м трубы, кг	ГОСТ
	$D_n \times s$ , мм	Масса, кг/м				$D_n \times s$ , мм	Масса, кг/м		
10	14×2	0,6	} $t \leq 300^\circ C$ ; ГОСТ 8734-68; сталь: 2сп.; 10; 20		80	89×3,5	7,4	} $t \leq 300^\circ C$ ; ГОСТ 8732-68; сталь 10 и 20	
15	18×2	0,8			100	108×4	10,3		
20	25×2	1,1			125	133×4	12,7		
25	35×2	1,5			150	159×4,5	17,2		
32	38×2	1,8			200	219×7	36,6		
(40)	45×2,5	2,6	} $t \geq 300^\circ C$ ; МРТУ 14-4-21-67; сталь 20		250	273×8	52,3	} $t \geq 300^\circ C$ ; МРТУ 14-4-21-67; сталь 20	
50	57×3,5	4,6			300	325×8	62,5		
(70)	76×3,5	6,3			350	377×10	90,5		
					400	426×11	112,6		

Примечание. Для трубопроводов с  $p_y \leq 1,6$  МПа (16 кгс/см<sup>2</sup>) и  $t \leq 300^\circ C$  бесшовные трубы применяются только при отсутствии сварных труб.

Сортамент труб для трубопроводов:  $p_y = 64 - 400$  (МРТУ 14-4-21-67)

Условный проход $D_y$ , мм	$p_{раб} = 14$ МПа (140 кгс/см <sup>2</sup> ); $t = 570^\circ C$		$p_{раб} = 14$ МПа (140 кгс/см <sup>2</sup> ); $t = 545^\circ C$		$p_{раб} = 10$ МПа (100 кгс/см <sup>2</sup> ); $t = 540^\circ C$		$p_{раб} = 4,1$ МПа (41 кгс/см <sup>2</sup> ); $t = 570^\circ C$		$p_{раб} = 23$ МПа (230 кгс/см <sup>2</sup> ); $t = 230^\circ C$ ; $p_{раб} = 185$ кгс/см <sup>2</sup> ; $t = 215^\circ C$		$p_{раб} = 4$ МПа (40 кгс/см <sup>2</sup> ); $t = 440^\circ C$ ; $p_{раб} = 74$ кгс/см <sup>2</sup> ; $t = 145^\circ C$		$p_{раб} = 4,4$ МПа (44 кгс/см <sup>2</sup> ); $t = 340^\circ C$	
	$D_n \times s$ , мм	Масса, кг/м	$D_n \times s$ , мм	Масса, кг/м	$D_n \times s$ , мм	Масса, кг/м	$D_n \times s$ , мм	Масса, кг/м	$D_n \times s$ , мм	Масса, кг/м	$D_n \times s$ , мм	Масса, кг/м	$D_n \times s$ , мм	Масса, кг/м
	12X1MΦ		12X1MΦ		12X1MΦ		12X1MΦ		Сталь 20		Сталь 20			
10	16×2,5	0,8	—	—	16×2,5	0,8	16×2,5	0,8	16×2	0,7	16×2	0,7	—	—
20	28×3,5	2,1	—	—	28×2,5	1,6	28×2,5	1,6	28×3	1,8	28×3	1,8	—	—
32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	38×3	2,6	—	—
50	76×10	16,6	—	—	76×5	8,9	57×3	4	76×7,5	12,9	57×3,5	4,7	—	—
80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	89×4	8,6	—	—
									Сталь 15ГС					
100	133×16	49,1	—	—	133×9	29,4	108×4,5	11,8	133×10	32,4	108×4,5	11,8	—	—
125	—	—	—	—	159×11	42,9	159×7	28,1	—	—	—	—	—	—
150	—	—	—	—	194×13	62	—	—	194×15	70,7	159,7	28,1	—	—
175	219×25	127,3	—	—	219×15	80,7	—	—	219×16	85,6	—	—	—	—
200	273×32	202,4	273×25	163,1	—	—	—	—	—	—	219×9	49,9	—	—
225	—	—	—	—	273×20	121	273×11	76,2	273×20	133,3	—	—	—	—
250	325×38	286,2	325×30	232,8	325×22	175,7	—	—	325×24	190,4	273×10	69,5	—	—
	15X1M1Φ												Сталь 20	
300	377×45	392	—	—	—	—	—	—	377×27	295,5	325×13	107,2	—	—
350	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
450	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
													377×13	126,5
													426×14	154,2
													465×16	192,1
													465×22	257,4
													Сталь 15ГС	
													630×17	182,9

**Сортамент труб для трубопроводов на сверхкритические давления (МРТУ 14-4-21-67)**

Условный проход $D_y$ , мм	Паропроводы: $p_{раб} = 255 \text{ кгс/см}^2$ ; $t = 565 \text{ }^\circ\text{C}$		Паропроводы: $p_{раб} = 255 \text{ кгс/см}^2$ ; $t = 545 \text{ }^\circ\text{C}$		Питательные трубопроводы: $p_{раб} = 380 \text{ кгс/см}^2$ ; $t = 280 \text{ }^\circ\text{C}$	
	$D_n \times s$ , мм	Масса 1 м трубы, кг	$D_n \times s$ , мм	Масса 1 м трубы, кг	$D_n \times s$ , мм	Масса 1 м трубы, кг
	10	16×3	0,9	—	—	16×2,5
20	28×5,5	3,1	—	—	28×3,5	2,1
40	57×11	12,7	—	—	—	—
50	—	—	—	—	57×7	8,8
70	108×20	44,2	—	—	133×16	—
100	159×30	100,8	159×24	84,7	—	49,1
125	194×36	148,2	194×30	128,6	—	—
150	245×45	234,5	245×38	205,6	194×22	99,3
200	325×60	414,3	325×60	414,3	273×32	202,4
250	377×70	526,6	377×56	474,7	325×40	299
300	—	—	—	—	377×45	396
350	—	—	—	—	465×56	561,2

Из высоколегированных сталей:

горячекатаные, холоднотянутые, холодно- и теплокатаные . . . . .	От 3 до 9 м	—
горячекатаные . . . . .	—	До 8,5 м
холоднотянутые холодно- и теплокатаные из стали 20 и Х18Н12Т	—	До 12 м
Из остальных марок сталей . . . . .	—	До 7 м

С 1969 г. холоднотянутые, холодно- и теплокатаные трубы всех марок сталей поставляются длиной до 18 м.

Приведенные на стр. 105 значения теоретической массы 1 м трубы относятся к трубам из углеродистой и легированной сталей; для труб из высоколегированных сталей эти значения являются приближенными.

**Опознавательная окраска трубопроводов промпредприятий (по ГОСТ 14202-69)**

1. Вода — зеленый.
2. Пар — красный.
3. Воздух — синий.
4. Газы горючие (включая сжиженные газы)
5. Газы не горючие (включая сжиженные газы) } желтый.
6. Кислоты — оранжевый.
7. Щелочи — фиолетовый.
8. Жидкости горючие
9. Жидкости негорючие } коричневый.
10. Прочие вещества — серый.

Опознавательную окраску трубопроводов следует выполнять сплошной по всей поверхности коммуникаций или отдельными участками.

Ширина участков опознавательной окраски:  $\varnothing$  трубопровода (с учетом изоляции) при ширине участка до 300 мм не менее 4d; свыше 300 мм не менее 2d.

**Надписи на трубопроводах**

- а) На магистральных линиях ставится номер магистрали римской цифрой и стрелка, указывающая направление движения рабочего тела.
- б) На ответвлениях вблизи магистрали ставится номер магистрали римской цифрой, буквенное обозначение агрегата, номер агрегата и стрелка, указывающая направление движения рабочего тела.

**Буквенное обозначение агрегата**

Водоподогреватель . . . . .	В	Подогреватель регенеративный П
Градирия . . . . .	Гр	Разные потребители . . . . .
Испаритель . . . . .	И	Турбины . . . . .
Конденсатор . . . . .	Кр	Турбонасос . . . . .
Котел . . . . .	К	Химводоочистка . . . . .
Насос . . . . .	Н	Экономайзер . . . . .
Пароперегреватель . . . . .	ПП	Электронасос . . . . .

Ремонт трубопроводов и арматуры производится одновременно с ремонтом соответствующих агрегатов.

Поверхности теплосилового оборудования с  $t$  теплоносителя выше  $50^\circ\text{C}$  внутри помещений и выше  $60^\circ\text{C}$  вне помещений должны иметь тепловую изоляцию. При  $t$  наружного воздуха плюс  $25^\circ\text{C}$   $t$  на поверхности изоляции д. б. в пределах  $45\text{--}48^\circ\text{C}$  в помещении и  $60^\circ\text{C}$  на открытом воздухе.

Условные проходы труб, арматуры и соединительных частей (флангов) (ГОСТ 355-67), мм: 1\*; 1,5\*; 2\*; 2,5\*; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 13\*\*; 15; 20; 25; 32; 40; 50; 65; 80; 90; 100; 150; 175\*; 200; 225\*; 250; 275\*; 300; 325\*\*; 350; 375\*\*; 400; 450\*; 500; 600; 700\*; 800; 900\*; 1000; 1100\*; 1200; 1300\*\*; 1400; 1500\*\*; 1600; 1800\*; 2000; 2200\*; 2400; 2600\*; 2800\*; 3000; 3200\*; 3400; 3600\*; 3800\*; 4000.

Условные проходы, отмеченные одной звездочкой, не применяются для трубопроводной арматуры общего назначения; отмеченные двумя звездочками, применяются только при установке указанных изделий на существующем оборудовании, разработанном и изготовленном до 1/1 1969 г.

Трубы заказывают по наружному диаметру и толщине стенки (мм).

Длина труб	Немерной длины	Мерной длины
Из углеродистых и легированных сталей: горячекатаные . . . . .	От 4 до 12 м	До 9 м
холоднотянутые, холодно- и теплокатаные . . . . .	От 3 до 12 м	До 9 м

ПАРОВЫЕ ТУРБИНЫ

Турбины паровые для привода электрических генераторов (по ГОСТ 3618-69)

К — конденсационные турбины без регулируемых отборов пара

Типоразмер	Завод-изготовитель	Температура, °С начальная после пром-перегрева	Давление отработ. пара, кПа	Расход пара, т/ч	Уд. расход тепла, кДж/(кВт·ч)	Температура питат. воды, °С, после регенерат. подогрева	Расход охлад. воды, тыс. м³/ч	Температура охлад. воды, °С	Длина турбины, м	Масса турбины, т
(К-6-35)	КТЗ <sup>1</sup>	435/—	4,9	27,5	12 000	145	2	20	4,8	30
(К-12-35)	УТМЗ <sup>1</sup>	435/—	5,5	54,6	11 820	160	2,5	20	—	40
(К-25-90)	ЛМЗ	500/—	4	106	10 320	223	5	15	7,1	130
(К-50-90)	ЛМЗ	535/—	3	217	9 280	215	8	10	8,9	167
(К-100-90)	ЛМЗ	535/—	3,5	420	9 100	215	16	10	14,6	240
(К-160-130)	ХТГЗ	565/565	3,5	516	8 200	230	21	12	14,4	420
К-200-130	ЛМЗ	565/565	3,5	670	8 030	235	25	10	20,5	560
К-300-240	ЛМЗ	540/545	3,5	910	7 800	270	36	12	21,3	690
К-300-240	ХТГЗ	560/565	3,5	950	7 715	270	35	12	22	625
К-500-240	ХТГЗ	540/540	3,5	1650	7 730	270	52	12	29,2	1100
К-800-240	ЛМЗ	540/540	3,4	2650	7 720	270	73	12	39,5	1300
К-1200-240-3	ЛМЗ	540/540	3,5	3660	7 660	274	105	15	47,9	1900

<sup>1</sup> КТЗ — Калужский турбинный завод; УТМЗ — Уральский турбомоторный завод.

П — конденсационные турбины с производственным регулируемым отбором пара

Типоразмер	Завод-изготовитель	Давление отработ. пара, кПа	Расход пара при номин. нагрузке и производств. отборе, т/ч	Производств. отбор t, °С	Уд. расход пара при номин. нагрузке и производств. отборе, кг/(кВт·ч)	Расход пара при номин. нагрузке (конд. режим), т/ч	Расход охлад. воды, м³/ч	Длина турбины, м	Масса турбины, т
				отбор, т/ч					
(П-0,75-35/5)	КТЗ	5	9,8	250/7	13,1	4,9	300	2,6	12
(П-1,5-35/5)	КТЗ	5	17	250/12	11,6	9,25	550	2,6	14
(П-2,5-35/5)	КТЗ	4	26,2	250/18	10,5	13,1	770	3,8	22,5
(П-4-35/5)	НЗЛ	4	36	257/25	9	20,6	1400	4,8	44
П-6-35/5	КТЗ	5	55,8	230/40	9,3	28,2	1850	4,5	31,5
П-6-35/5	НЗЛ <sup>1</sup>	4	53,8	230/40	9	29,8	2000	4,8	44

<sup>1</sup> НЗЛ — Невский завод имени В. И. Ленина.

Примечание. Температура свежего пара 435° С, питательной воды 150° С, охлаждающей воды 20° С.

Т--конденсационные турбины с теплофикационным регулируемым отбором пара

Типоразмер	Завод-изготовитель	t пара, °С, начальная после пром-перегрева	Давление отработавшего пара, кПа	Отбор, т/ч P <sub>раб</sub> отбора, кПа	t питат. воды, °С	Расход пара при номин. нагрузке и теплофикац. отборе, т/ч	Уд. расход пара при номин. нагрузке и теплофикац. отборе, кг/(кВт·ч)	Расход охлад. воды, тыс. м³/ч длина турбины, м	Масса турбины, т
(Т-4-35)	НЗЛ	435/—	4	22/120—245	154	28,4	7,1	1,4/4,8	41,4
(Т-6-35)	НЗЛ	435/—	5	35/120—245	158	42,3	7,05	1,8/4,8	43,4
(Т-12-35)	УТМЗ	435/—	4	65/120—245	160	80	6,64	2,8/6,1	66
Т-25-90	УТМЗ	535/—	5	90/120—245	215	130	5,16	5/8,2	140
Т-50-130	УТМЗ	565/—	5	95/50—200	230	256	4,9	7/13,6	238
Т-50-130-3	УТМЗ	565/—	—	90/50—200	225	245	—	—	—
Т-100-130	УТМЗ	565/—	5,4	175/50—200	230	480	4,2	16/18,3	378
Т-175/210-130	УТМЗ	555/—	—	270/60—300	230	745	4,25	—	—
Т-250/300-240-2	УТМЗ	540/540	—	330/60—200	270	955	3,64	28/26,6	—

Примечание. Температура охлаждающей воды 20° С.

ПТ--конденсационные турбины с двумя регулируемым отборами пара—производственным и теплофикационным

Типоразмер	Завод-изготовитель	t пара, °С, свежего	Давление отработавшего пара, кПа	Отбор пара, т/ч: производ. Давление пара, кПа	Расход пара при номин. нагрузке и обоих отборах, т/ч	Расход пара при номин. нагрузке (конденсационный режим), т/ч	Уд. расход пара при номин. нагрузке и обоих отборах, кг/(кВт·ч)	t питат. воды, °С	Расход охлад. воды, тыс. м³/ч длина турбины, м	Масса турбины, т
ПТ-12-90/10	КТЗ	535	3,5	35/25; 1000/120	82,5	52	6,8	215	2/5	54
ПТ-25-90/10	УТМЗ	535	5	70/53; 1000/120	160	99	6,4	215	5/8,2	140
ПТ-50-90/13	ЛМЗ	535	3	300/200; 1300/120	400	280	6,5	230	8/14,2	260
ПТ-50-130/7	УТМЗ	565	5,6	16/120; 500/245	274	147 при 40 МВт	5,5	230	7/13,6	244
ПТ-60-130/13	ЛМЗ	565	—	250/160; 1300/120	390	—	5,85	240	8/14,2	260
ПТ-50-130/15	ЛМЗ	565	0,3	300/200; 100	470	—	5,6	250	8/14,8	—
ПТ-135-130/15	УМТЗ	565	—	—	739	330	—	230	—	—

Примечание. Температура охлаждающей воды 20° С.

ПР—турбины с противодавлением  
и производственным регулируемым  
отбором пара

Типоразмер	Завод-изготовитель	t свежего пара, °С	Противодавление: t при P <sub>н</sub> , °С	Регулируемый отбор		Расход пара при режиме		Масса турбины, т
				t при P <sub>н</sub> , °С	Расход пара, т/ч	без отбора т/ч/кг/(кВт·ч)	с отбором т/ч/кг/(кВт·ч)	
ПР-6-35/5/1,2	КТЗ	435	130	237	40	41,5/6,9	55,2/9,2	20,5
ПР-6-35/10/1,2	КТЗ	435	130	299	50	41,5/6,9	68,8/11,5	19,3
ПР-6-35/10/5	КТЗ	435	243	298	50	63,6/10,6	80,5/13,4	19,3
ПР-6-35/15/5	КТЗ	435	235	300	35	62,6/10,4	84,5/14,1	19,3
ПР-12-90/15/7	КТЗ	535	—	—	75	—	—	—
ПР-25-90/10/0,9	УТМЗ	535	250	—	65	—	161/—	14,8

Р—турбины с противодавлением без  
регулируемых отборов пара

Типоразмер	Завод-изготовитель	t свежего пара, °С	Расход пара при номин. нагрузке, т/ч	Уд. расход пара при номин. нагрузке, кг/(кВт·ч)	Длина турбины, м	Масса турбины, т
(Р-1,5-35/15)	КТЗ	435	36,8	24,5	2,8	4
(Р-2,5/2,75-35/5)	КТЗ	435	22,6	9	3,1	5
(Р-2,5/2,75-35/5)	КТЗ	435	29,2	11,6	3,2	5
Р-4/4,4-35/3	КТЗ	435	35,6	8,9	3,1	5
Р-4/4,4-35/10	НЗЛ	435	70	17,5	3,7	5
Р-6/6,4-35/5	НЗЛ	435	70	11,6	3,7	5,6
Р-6/6,6-35/10	НЗЛ	435	99,6	16,6	3,7	7
Р-6-90/31	УТМЗ	535	97,7	16,3	4,9	7
Р-12-90/31	КТЗ	535	188,4	15,7	—	21
Р-25/30-90/18	ХТГЗ	535	255	10	6,4	12
Р-25/30-90/31	ХТГЗ	535	360	14,4	6,4	12
Р-40-130/31	УТМЗ	565	460	11,4	7,7	104
Р-50-130/13	ЛМЗ	565	480	7,4	8,7	—
Р-100-130/15	УТМЗ	565	760	7,6	10,2	—

Паровые турбины ХТГЗ (на насыщенном паре)  
для привода турбогенераторов АЭС

Основные характеристики	К-220-44	К-500-60	К-500-65	К-750-65
Давление отработавшего пара, кПа	5	6	4	4,5
Количество ступеней сепаратора	1	1	1	1
Давление перед сепаратором, МПа	0,31	0,77	0,33	0,52
t перегрева перед ЦНД, °С	241	260	264	263
Параметры греющего пара, МПа/°С:				
для первой ступени	1,88/208	3/233	2/212,6	6,5/279
для второй ступени	4,4/255	6/274	6,6/280	—
t подогрева питат. воды	223	224	165	190
Расход пара при номин. режиме, т/ч	1375	3192	2855	4400
Количество ЦНД	2	1	4	4
Количество выхлопов	4	2	8	8
Мощность на один выхлоп, МВт	55	250	62,5	94
Полная длина турбины, м	21,9	24,2	39	—
Уд. расход тепла, кДж/(кВт·ч)	11 400	10 950	11 100	10 800

Примечание. Паровые турбины: К-220-44 для АЭС с ВВЭР-440; К-500-60 для АЭС с ВВЭР-500 и ВВЭР-1000, К-500-65 для АЭС с РБМК-1000 и К-750-65 для АЭС с РБМК-1500.  
n<sub>н</sub> = 1500 об/мин для К-500-60; для остальных турбин n<sub>н</sub> = 3000 об/мин.

1. Турбины Т-50/60-130, Т-100/120-130, Т-250/300-240, ПТ-50/60-130,7 и ПТ-50/60-130/15 выполнены со ступенчатым подогревом сетевой воды и имеют по два теплофикационных отбора — верхний и нижний. Регулируемое р поддерживается в верхнем отборе при обонх включенных теплофикационных отборах или в нижнем отборе при включенном только нижнем теплофикационном отборе. В таблице указаны суммарные значения обонх отборов. Максимальные значения каждого из теплофикационных отборов и пределы изменений р в каждом отборе устанавливаются технической документацией, утвержденной в установленном порядке. Давление р<sub>н</sub> пара в отборе 0,9 кгс/см<sup>2</sup> (90 кПа) для этих типов турбин, а также для турбин ПТ-135/165 — ПТ-130/15/0,9 является условным и усредненным давлением обонх теплофикационных отборов.

2. Типоразмеры турбин, указанные в скобках, применять не рекомендуется.

3. Максимальные мощности турбин К-300-240, К-500-240 и К-800-240 устанавливаются в процессе их длительной эксплуатации.

4. Для турбин К-500-240 и К-800-240 номинальная t свежего пара 550 или 540°С принимается в зависимости от стоимости топлива или наличия особых условий; t питат. воды после регенеративного подогрева принимается 270 или 240°С в зависимости от стоимости топлива.

Типоразмер турбин: числитель первой дроби — номинальная мощность, кВт; знаменатель этой дроби — максимальная мощность, кВт; число после дроби для турбин К — абсолютное давление свежего пара, кгс/см<sup>2</sup> (1 кгс/см<sup>2</sup> ≈ 0,1 МПа); числитель второй дроби для турбин П — абсолютное давление свежего пара, кгс/см<sup>2</sup>; знаменатель — абсолютное давление пара в отборе, кгс/см<sup>2</sup>.

Число после дроби для турбин Т — то же, что и для турбин К. Вторая дробь для турбин ПТ: числитель — абсолютное давление свежего пара, кгс/см<sup>2</sup>; знаменатель — абсолютное давление пара производственного отбора, кгс/см<sup>2</sup>. Вторая дробь для турбин Р: числитель — абсолютное давление свежего пара, кгс/см<sup>2</sup>; знаменатель — абсолютное давление пара (противодавление), кгс/см<sup>2</sup>.

Для турбин ПР число перед первой чертой за первой дробью — абсолютное давление свежего пара, кгс/см<sup>2</sup>; число за первой чертой — абсолютное давление пара производственного регулируемого отбора, кгс/см<sup>2</sup>; число за второй чертой — конечное абсолютное давление (противодавление), кгс/см<sup>2</sup>.

Единичная мощность турбоагрегатов конденсационных блоков на ТЭС, входящих в объединенные энергосистемы, выбирается возможно более крупной для данного вида топлива с учетом перспективного развития объединенной системы, а на ТЭС, входящих в изолированные системы, — на основе технико-экономического анализа с учетом аварийного резерва и затрат на сетевое строительство.

Единичная мощность и тип тепловых агрегатов на ТЭЦ, входящих в энергосистемы, выбираются возможно более крупными с учетом характера и перспективного значения тепловых нагрузок района.

Турбины с производственным отбором пара выбираются с учетом длительного пользования этого отбора в течение года.

Турбины с противодавлением выбираются для покрытия базовой части производственной паровой нагрузки и не устанавливаются в числе первых агрегатов ТЭЦ. Имея в виду, что фактическое развитие паровых нагрузок может отставать от намеченного, в схеме трубопроводов ТЭЦ предусматривается (в случае необходимости) возможность осуществления мероприятий по максимальной загрузке противодавленческих турбин за счет сокращения промышленных отборов у агрегатов, имеющих конденсаторы.

Для изолированных ТЭС выбор агрегатов производится так, чтобы при выходе одного из них оставшиеся обеспечили покрытие эл. нагрузок с учетом допускаемого потребителями регулирования.

При установке турбин с двойным значением  $P_n$  (например, Т-250/300-240) эл. мощность  $P_n$  ТЭЦ определяется по  $P_{\max}$  турбин.

Вибрация подшипников турбины, СГ и возбуждателя не должна превышать:

$n_n$ , об/мин ..... 1500 3000 5000 8000 и более  
Двойная амплитуда вибрации, мкм ..... 50 30 15 10

Влияние отклонения параметров пара и вакуума на работу конденсационных турбин: среднего и высокого давления — понижение  $t$  свежего пара на каждые 7° С увеличивает расход пара на 1%;

среднего давления (при сопловом регулировании) — понижение давления свежего пара на каждые 5% увеличивает расход пара на 1%;

высокого давления (при сопловом регулировании) — понижение давления свежего пара на каждый 1% увеличивает расход пара соответственно на 0,7%;

ухудшение вакуума на 1% увеличивает расход пара на 1,4% при  $N_n$ ;

изменение  $t$  охлаждающей воды на  $\pm 5^\circ$  С вызывает изменение расхода пара на 1,2% при  $N_n$ ;

изменение  $t$  регенеративного подогрева питат. воды на 1° С вызывает изменение расхода тепла на 0,15%.

Капремонт турбоагрегатов до 100 МВт осуществляется 1 раз в 4—5 лет, свыше 100 МВт — 1 раз в 3—4 года.

Нормы простоя турбоагрегатов в планово-предупредительном ремонте

Мощность турбоагрегата, МВт	$P_n$ , МПа	Тип турбоагрегата	Межремонтный период, годы, не менее	Простои, календарные сутки				
				в год проведения капремонта		в год проведения среднего ремонта		в году только текущих ремонтов
				в капремонте	в текущих ремонтах	в среднем ремонте	в текущих ремонтах	
До 12	До 6,5	Конденсационные и теплофикационные	5	10	3	4	3	6
12—25			5	18	4	7	4	8
26—50			5	22	5	9	5	10
51—100			5	25	5	10	5	10
			5	16	4	7	4	8
12	9	ПТ12-90/10	5	16	4	7	4	8
25		ПТ-25-90/10;	4	25	5	10	5	10
		Т-25-90						
25		ПТ-25-90/10	4	30	5	12	6	12
		ПТ-50-90/13-	4	31	6	12	6	12
50		ВК-50-1 (н 2);	5	26	5	10	5	10
		К-50-90						
100		Р-60	5	24	5	10	5	10
		ВК-100-2 (до 5);	5	31	6	12	6	12
50		К-100-90						
	Т-50-130;	4	31	6	12	6	12	
60	ПТ-50-130/7							
	ПТ-60-130/13	4	33	7	13	7	14	
100	Т-100-130	4	37	8	15	8	16	
	Р-100	4	28	6	12	6	12	

**Нормы простоя энергоблоков  
в планово-предупредительном ремонте**

Тип энергоблока	Р <sub>н</sub> <sup>1</sup> , МПа	Межремонтный период, годы, не менее	Простой, календарные сутки				в году только текущих ремонтов
			в году проведения капитального ремонта		в году проведения средних ремонтов		
			в капитальном ремонте	в текущем ремонте	в среднем ремонте	в текущем ремонте	
СВК-150	17	4	48	14	19	14	21
К-160	13	4	46	14	18	14	21
К-200	13	4	48	14	19	14	21
Т-250/300	24	3	60	18	24	18	27
К-300	24	3	60	18	24	18	27

**ГАЗОВЫЕ ТУРБИНЫ**

Тип <sup>1</sup>	Расход усл. топлива, т/ч	Расход охлаждающей воды, м <sup>3</sup> /ч	t уходящих газов, °С	Масса установки, т	Уд. объем машзала, м <sup>3</sup> /кВт
ГТ-25-700	10,2	2000	205	400	—
ГС-50-800	17,4	3500	167	470	0,34
ГТ-100-750-2	40,9	3000	384	645	0,144

<sup>1</sup> Первое число — мощность турбины, МВт; второе — температура газов перед турбиной в д., °С.

Примечание. Вибрация турбин, компрессоров, СГ и возбуждателя — см. стр. 114.

Капремонт и текущий ремонт ГТУ проводятся в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

# ОБОРУДОВАНИЕ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

## Конденсаторы паровых турбин

Тип	Предназначены для турбины	Поверхность охлаждающ., м <sup>2</sup>	Число ходов	Трубки			Расход охлаждающей воды, м <sup>3</sup> /ч	Гидравлическое сопротивление, кПа	Масса конденсатора без воды, т
				Число	Длина, м	Диаметр, мм			
КП-410	К-4-35	410	4	3344	2,11	19/17	1 300	40	12
КП-540	К-6-35; Т-6-35; П-6-35/5; ПТ-6-35/10; ПТ-12-90/10	540	2	2266	4,05	19/17	1 850	40	14
КС-1220	К-12-35	1220	2	4804	5,35	19/17	3 800	35	27
КП-935	К-12-35; ПТ-25-90/10	935	2	—	—	—	3 460	60	20
К2-2000-1*	ВК-25-2; Т-25-90;	2000	2	4420	6,05	24/22	5 000	28	31,5
К2-1750-1	ПТ-25-90/10	1750	2	3880	6,05	24/22	5 000	36	29,5
50-КЦС-5	К-50-90	3000	2	5800	6,65	25/23	8 000	36	56
50-КЦС-4	ПТ-50-130; ПТ-50-90	3000	2	5800	6,65	25/23	8 000	36	56
К2-3000-2	Т-50-130	3000	2	5374	7,5	24/22	7 000	38	50,6
К2-3000-1	ПТ-50-130	3000	2	5374	7,5	24/22	7 000	425	50,6
К100-3685	К-100-90	2×3685	4	2×6380	7,5	25/23	2×8175	33	2×72
100-КЦС-4	К-100-90	2×3000	4	2×5800	6,65	25/23	2×8000	36	2×69
200-КЦС-2	К-100-130	4500	2	5970	8,06	30/28	16 000	37	100

\* По своим параметрам к этой конструкции близки конденсаторы 25-КЦС-6, 25-КЦС-7 и 25-КЦС-8. При работе конденсационной установки должна производиться периодическая проверка плотности вакуумной системы с устранением присосов воздуха. Присосы воздуха в диапазоне паровых нагрузок конденсаторов от 40% до номинальных не должны превышать:

$P_n$ турбины, кВт	25 и ниже	50	100	150	200	250	300	500	800
Присосы воздуха (турбины ТЭС/турбины АЭС), кг/ч	5/10	10/15	15/20	18/25	20/30	25/35	30/40	40/60	60/—

Тип	Предназначены для турбины	Поверхность охлаждающ., м <sup>2</sup>	Число ходов	Трубки			Расход охлаждающей воды, м <sup>3</sup> /ч	Гидравлическое сопротивление, кПа	Масса конденсатора без воды, т
				Число	Длина, м	Диаметр, мм			
КГ2-6200-1	T-100-130	2×3110	2	2×5680	7,5	26/24	2×8000	—	130
K-160-9115	K-160-130	9 115	2	11 712	8,85	30/28	20 800	40	203
200-КЦС-2	K-200-130	2×4500	2	2×5970	8,06	30/28	25 000	38	2×109
K2-14000-1	T-250/300-240	14 000	—	20 600	9	26/24	28 000	—	320
300-КЦС-1	K-300-240	15 400	2	19 600	8,89	30/28	36 000	39	335
K-15240	K-300-240	15 240	2	19 592	8,85	30/28	34 800	40	385
K-11520	K-500-240	2×11 520	2	2×14 740	8,89	30/28	51 800	40	554
800-КЦС-2	K-800-240	3×9100	—	3×11 600	8,93	30/28	3×22 500	—	3×476

## Средние удельные расходы охлаждающей воды конденсаторов на КЭС

Параметры пара КЭС		Удельный расход воды, м <sup>3</sup> /(кВт·ч)	
р, кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	t, °C	зимой	летом
35 (3,43)	435	0,22—0,3	0,4—0,42
90 (8,83)	535	0,155—0,16	0,2—0,22
130 (12,75)	565/565	0,14—0,15	0,18—0,2
240 (23,54)	565/560	0,085—0,09	0,125—0,135

## Циркуляционные насосы

Тип	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, кПа	Частота вращения, об/мин	Мощность вл. дв., кВт	Масса насоса, т	Для турбин
Д2000-21 (16НДн)	2000	210	980	140	1,63	К-6-35 Т-6-35; П-6-35/5 и П-6-35/10; ПТ-12-90/10
Д1250-14 (16НДн)	1250	140	730	90	1,63	
Д2500-62 (18НДс)	2500	620	980	500	2,9	АЕ-44
Д2000-34	2000	340	730	250	2,9	—
Д3200-33 (20НДн)	3200	320	980	320	2,9	—
Д2500-17	2500	170	730	160	2,9	—
Д5000-32 (24НДн)	5000	320	730	500	5	ПТ-25-90
Д3200-20	3200	200	730	250	5	Т-50-130; ПТ-50-130 и ПТ-50-90

## Центробежные горизонтальные

Д2000-21 (16НДн)	2000	210	980	140	1,63	К-6-35 Т-6-35; П-6-35/5 и П-6-35/10; ПТ-12-90/10
Д1250-14 (16НДн)	1250	140	730	90	1,63	
Д2500-62 (18НДс)	2500	620	980	500	2,9	АЕ-44
Д2000-34	2000	340	730	250	2,9	—
Д3200-33 (20НДн)	3200	320	980	320	2,9	—
Д2500-17	2500	170	730	160	2,9	—
Д5000-32 (24НДн)	5000	320	730	500	5	ПТ-25-90
Д3200-20	3200	200	730	250	5	Т-50-130; ПТ-50-130 и ПТ-50-90

## Осевые вертикальные Уралгидромаша

ОП2-87	9000—11 000	130—100	485	300—500	5	К-100-90; К-160-130 К-100-90; К-160-130
ОП2-110	16 000—18 000	150—90	485	1000—500	8	
ОП3-110	18 000	210	585	1600	8	К-200-130; К-300-240
ОП5-110	14 000—18 000	110—70	485	400—800	8	К-100-90; К-160-130 и К-500-240
ОП2-145	30 000	140	365	1600	14	К-100-90; К-160-130; К-200-130; К-300-240; К-800-240
ОП10-145	36 000	180	375	2500	14,5	К-200-130; К-800-240

### Конденсатные насосы

Типоразмер	$n_n$ , об/мин	$P_n$ на валу насоса, кВт	Масса без эл. дв., т	Типоразмер	$n_n$ , об/мин	$P_n$ на валу насоса, кВт	Масса без эл. дв., т
Кс32-150	2900	22	0,26	Кс125-140	1470	77	1,8
Кс50-55	1450	12	0,46	КсВ200-220	1470	164	3,2
Кс50-110	1450	24	0,65	КсВ320-160	1470	186	3
Кс80-155	2940	52	1,2	КсВ500-220	1470	400	4,1
Кс125-55	1470	28,4	1,7	КсВ1000-95	970	340	5,6

Примечание. В обозначении типоразмера: первое число — подача, м<sup>3</sup>/ч; второе число — напор, м вод. ст. (1 м вод. ст. ≈ 10 кПа ≈ 0,01 МПа).

### Сетевые насосы

Типоразмер	Частота вращения, об/мин	$P_n$ , кВт	Масса, т
10СД-6 (485)	1500	113	—
СЭ-800-100	1500	320	—
СЭ-1250-70	1500	320	2
СЭ-1250-140	1500	580	—
18СД-13 (2500-185)	3000	1530	—
СЭ-5000-160	3000	2500	4,9

Примечание. В обозначении типоразмера: первое число — подача, м<sup>3</sup>/ч; второе число — напор, м вод. ст.

Насосы системы теплофикации выбирают, исходя из следующего:

а) Конденсатные насосы сетевых подогревателей при двухступенчатом подогреве выбираются с резервным насосом на первой ступени подогрева, при одноступенчатом подогреве устанавливаются два конденсатных насоса без резерва.

б) Подпиточные насосы устанавливаются в количестве не менее двух при закрытых системах и не менее трех — при открытых, включая в обоих случаях один резервный насос.

в) Сетевые насосы первой и второй ступеней принимаются преимущественно групповыми (не привязанными к турбинам). При установке одного или двух рабочих сетевых насосов дополнительно устанавливается резервный насос, при установке четырех рабочих насосов и более резервные насосы не устанавливаются.

В случае установки сетевых насосов индивидуально у турбин число рабочих насосов принимается по два у каждой турбины производит. по 50% каждый и при установке на ТЭЦ не менее двух однотипных турбин резерв сетевых насосов не предусматривается.

г) Сетевые и подпиточные насосы выбираются в соответствии с гидравлическим расчетом и режимом работы тепловых сетей с учетом летнего; при постепенном и длительном развитии системы теплофикации следует проверять целесообразность установки временных сетевых насосов или временного изменения их характеристик путем уменьшения числа оборотов, уменьшения числа колес или их диаметра.

Электроснабжение сетевых и подпиточных насосов производится от двух независимых источников.

На ТЭС с блочными тепловыми схемами циркуляционные насосы, подающие воду в конденсаторы турбин, как правило, устанавливаются в блочных насосных станциях. На каждый корпус конденсатора, как правило, устанавливается один насос, при этом число насосов на турбину д. б. не менее двух, а их суммарная подача д. б. равна расчетному расходу охлаждающей воды на турбину.

На ТЭС с поперечными связями по пару, как правило, сооружаются центральные насосные станции или применяется установка насосов в турбинном отделении. Число циркуляционных насосов, устанавливаемых в центральных насосных станциях, принимается не менее четырех с суммарной подачей, равной расчетному расходу охлаждающей воды без резерва.

Установка резервных насосов предусматривается только при морском водоснабжении.

Мощность эл. дв. центробежных насосов выбирается с учетом самозапуска насосов при открытых задвижках, а осевых насосов — с учетом возможности работы при всех режимах, отвечающих характеристикам насосов. В случае невозможности обеспечить все расчетные режимы работы насоса односкоростным эл. дв. применяются двухскоростные эл. дв.

### Эжекторы паровых турбин

Тип	Давление пара перед соплами, МПа	Расход пара, кг/ч	Количество отсасываемого сухого воздуха, кг/ч	Масса эжектора без воды, т	Тип турбины (завод-изготовитель)
-----	----------------------------------	-------------------	---	----------------------------	----------------------------------

#### Пароструйные

ЭП-2-400-3-А, основной	1,6	400	60	1,12	T-25-90; ПТ-25-90; T-50-130; ПТ-50-130/7
ЭП-3-600-4, основной	1,2	600	75	2,16	K-50-90; K-100-90; K-200-130; ПТ-50-90/13; ПТ-50-130/13
ЭП-3-25-75, основной	0,4	1000	110	2,35	K-300-240 (ХТГЗ)
ЭП-3-2, основной	0,4	850	85	2,5	—
ЭП-3-700-1, основной	0,35	800	70	2,15	—
—	0,5	1000	25	2,5	K-500-240 (ХТГЗ)
ЭП-1-600-3, пусковой	1,2	600	90	0,06	Для турбин всех типов
ХЭ-11-90*	1,5	90	—	0,43	—
ХЭ-70-550*	0,5	350	1050	1,53	—

#### Водоструйные

ЭВ-4-1400, основной	0,2	1400	100	1	K-300-240, ЛМЗ
ЭВ-1-350	0,2	350	—	—	—

\* Отсос пара из концевых уплотнений.

### Подогреватели сетевые

Тип	Производит. по воде, т/ч	Масса подогревателя без воды, т	Тип	Производит. по воде, т/ч	Масса подогревателя без воды, т
ПСВ-45-7-15	90	2,1	ПСВ-315-3-23	750	11,9
ПСВ-63-7-15	120	2,6	ПСВ-315-14-23	1130	13
ПСВ-90-7-15	175	3,9	ПСВ-500-3-23	1150	12,5
ПСВ-125-7-15	250	4,1	ПСВ-500-14-23	1800	15,3
ПСВ-200-7-15	400	6,8			

Примечание. В обозначении типа: первое число — поверхность нагрева м<sup>2</sup>; второе — рабочее давление пара, кгс/см<sup>2</sup> (1 кгс/см<sup>2</sup> = 0,1 МПа); третье — рабочее давление воды, кгс/см<sup>2</sup>.

Производит. подогревателей сетевой воды на ТЭЦ выбирается по тепловой нагрузке с учетом коэффициента теплофикации. Подогреватели сетевой воды на ТЭЦ устанавливаются индивидуально у каждой теплофикационной турбины.

На ТЭЦ резервные подогреватели сетевой воды не устанавливаются и общая паровая магистраль 0,12 МПа (1,2 кгс/см<sup>2</sup>) для сетевых подогревателей не предусматривается.

При наличии на ТЭЦ пиковых водогрейных котлов пиковые подогреватели сетевой воды не устанавливаются. Подогрев сетевой воды в основных сетевых подогревателях выполняется преимущественно в двух ступенях с обеспечением одинакового расхода сетевой воды через подогреватели обеих ступеней.

На ГРЭС подогреватели сетевой воды устанавливаются не менее чем на двух блоках. При выходе из строя одной установки сетевых подогревателей оставшиеся должны обеспечить 80% максимума тепловой нагрузки.

### Деаэрационные колонки

Тип	Наружный диаметр, м	Высота, м	Масса, т	Тип	Наружный диаметр, м	Высота, м	Масса, т
Рабочее давление 0,6 МПа				Рабочее давление 0,12 МПа			
ДСП-225	1,82	3,44	4,48	ДСА-25	1,1	1,37	0,36
ДСП-320	2,52	3	6,9	ДСА-75	1,45	1,33	0,5
ДСП-400	2,52	5,02	6,6	ДСА-100	1,45	1,35	0,51
ДСП-500	3,07	2,65	10	ДСА-150	1,65	1,61	0,75
ДСП-800	3,54	4,3	8,2	ДСА-200	1,65	1,61	0,76
ДСП-1000	2,4	4	9	ДСА-300	2	1,73	1,12
ДСП-1300	3,74	6,8	25				

Примечание. В обозначении типа число — производительность, т/ч.

### Деаэрационные баки

Емкость, м <sup>3</sup>	25	35	50	70	90	100	120	150
Диаметр наружный, м	2,6	2,6	3,2	3,2	3,2	3,44	3,44	3,4 × 4,1
Длина, м	6,2	8,4	8,2	11	—	13,5	15	17,2
Масса, т	3,5	4,5	6,8	6,9	10,8	22,5	27,2	35
Рабочее давление, МПа	0,13	0,13	0,13	0,13	0,6	0,6	0,6	0,7

Суммарная производит. деаэраторов питат. воды выбирается по максимальному ее расходу. На каждый блок устанавливается по возможности один деаэрактор. На неблочных ТЭС обеспечивается возможность ремонта любого деаэратора при работе остальных.

Сопротивление водяного тракта от деаэраторов до всаса питат. или бустерных насосов не должно превышать 10 кПа (1000 мм вод. ст.).

Суммарный запас питат. воды в баках основных деаэраторов должен составлять для блочных КЭС не менее 5 мин, а для неблочных КЭС и ТЭС — не менее 10 мин.

На КЭС, а также на ТЭС с малыми добавками воды в цикл в качестве первой ступени деаэрации питат. воды, как правило, используются конденсаторы турбин. На ТЭС с большими добавками воды в цикл в качестве первой ступени деаэрации, как правило, применяются вакуумные деаэраторы.

Деаэрации подлежат:

- обессоленная вода для восполнения потерь в цикле;
- вода из дренажных баков, куда должны направляться все потоки, имеющие открытый слив;
- слив конденсата от привода систем регулирования турбин, охлаждения эл. дв., привода арматуры, БРОУ, РОУ и т. д. В случае применения бездеаэрационных схем емкость баков деаэрированной воды перед конденсатными насосами принимается на 5-минутный запас при работе блока с полной нагрузкой.

Ремонт деаэраторов, редукционно-охладительных, испарительных и паропреобразовательных установок и баков производится по мере необходимости. На блочных установках ремонт вспомогательного оборудования производится одновременно с ремонтом блока. При опорожнении и чистке баков должно проверяться состояние антикоррозионных покрытий внутренних поверхностей.

### Испарители для восполнения внутристанционных потерь пара и конденсата

Типоразмер <sup>1</sup>	Разность t насыщения первичн. и вторичн. пара, °С	Производит., т/ч	Максимальное рабочее давление, кгс/см <sup>2</sup>		Миним. рабочее давление вторичн. пара, кгс/см <sup>2</sup>
			первичн. пара	вторичн. пара	
И-120	13/20	6/9	6	6	1,2
И-250	12 /	11	6	6	1,2
И-350	14	18	6	6	1,2
И-600	8/15	18/32	6	6	1,2
И-1000	14	50	6	6	1,2

<sup>1</sup> В обозначении типоразмера число — поверхность нагрева, м<sup>2</sup>.

### Испарители общестанционного назначения и для внешних потребителей

Типоразмер <sup>1</sup>	Максим. рабочее давление, кгс/см <sup>2</sup>		Минимальное рабочее давление вторичн. пара, кгс/см <sup>2</sup>	Максимально-допустимая производит. испарителя, т/ч, при давлении вторичн. пара, кгс/см <sup>2</sup>		
	первичн. пара	вторичн. пара		16	6	1,2
И-120	6; 16	6; 16	1,2	16	18	10
И-250				36	24	12
И-600				60	40	20
И-1000				100	75	35

### Деаэраторы вакуумные термические для тепловых сетей (по ГОСТ 10942-64)

Температура воды деаэратора: на входе 60—75° С, а на выходе на 3—10° С ниже *t* воды на входе деаэратора.

Тип	ДВ-50, ДВ-100, ДВ-200, ДВ-40	ДВ-800; ДВ-1600	ДВ-3200
Область преимущественного применения	В циклах водоочистки, котельных с водогрейными котлами и на ТЭЦ с турбинами до 50 МВт	На ТЭЦ с турбинами Т-50-130 и Т-100-130, в котельных с водогрейными котлами и циклах химводоочистки	В турбоустановках с турбинами Т-250-240

Число в обозначении типа — номинальная производит., т/ч. Рабочее давление (абсолютное), МПа, равно давлению при *t* насыщения деаэрированной воды.

### Мостовые электрические краны для машинных залов и котельных ТЭС

Тип крана <sup>1</sup>	Пролет, м	Высота подъема главного крюка, м	Общая мощность эл. дв. крана, кВт	Масса, т, крана
		вспомогат. крюка, м		тележки
125/20	42	20/22	90	183/39
100/20	22,9; 37,5	20/22	81	178/38
75/20	42	21,5/25	85	171/35
50/10	27,5	35/36	58	71/16
30/5	25,5	38/39,5	41,5	50/12

<sup>1</sup> Перед чертой грузоподъемность главного крюка, за чертой — грузоподъемность вспомогательного крюка, тс.

При установке котлов на собственном каркасе в котельном отделении устанавливаются один или два мостовых крана, предназначенных для монтажа и эксплуатации оборудования. Для подвесных котлов можно разрабатывать другие виды механизации монтажа и ремонта.

На ТЭС с блоками 500 МВт и выше устанавливается по одному грузопассажирскому лифту на каждый блок; для блоков меньшей мощности устанавливается по одному лифту на два блока, в остальных случаях — по одному на четыре котла.

Грузоподъемность кранов турбинного отделения принимается, как правило, из расчета подъема статора г-ра. Применение бескрайного монтажа статора г-ра обосновывается технико-экономическим расчетом.

### РАСЧЕТНАЯ МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРИВОДА МЕХАНИЗМОВ, кВт

1) вентилятора

$$P_v = \frac{QHK}{102\eta_k\eta_n};$$

2) компрессора

$$P_k = \frac{QA}{102\eta_k\eta_n};$$

3) насоса

$$P_n = \frac{QH\gamma K}{102\eta_n\eta_n};$$

4) горизонтального ленточного транспортера без промежуточных сбрасывателей

$$P_T = \frac{QjL}{367\eta_n};$$

5) скребковых транспортеров и шнеков

$$P_{ш} = \frac{QK_2}{367\eta_n} (K_c L_2 + h);$$

6) ковшового элеватора

$$P_s = \frac{Qh}{367\eta_n};$$

где *Q* — производительность (подача), м<sup>3</sup>/с (пп. 1, 2, 3); т/ч (пп. 4, 5, 6);

*H* — давление газа, мм вод. ст. (п. 1); дифференциальный напор, м, столба подаваемой жидкости (п. 3);

*K* — коэффициент запаса (п. 1); для эл. дв. до 1 кВт — 2; до 2 кВт — 1,5; до 5 кВт — 1,25; свыше 5 кВт — 1,1 ÷ 1,15; (п. 3); для эл. дв. до 50 кВт — 1,2; от 50 до 350 кВт — 1,15; свыше 350 кВт — 1,1;

*A* — работа сжатия 1 м<sup>3</sup> газа от 1 кгс/см<sup>2</sup> до конечного давления, кгс·м;

*γ* — плотность перекачиваемой жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

*L* — рабочая длина транспортера, м;

$f$  — коэффициент трения: при подшипниках скольжения — 0,1; качения — 0,01—0,05;  
 $K_2$  — коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления при пуске (1,2 ÷ 1,5);  
 $K_с$  — коэффициент сопротивления материала: для угля — 4,2—1,6; для золы — 4;  
 $L_a$  — длина перемещения груза, м;  
 $\eta_v, \eta_k, \eta_n$  — к. п. д. вентилятора (1); компрессора (2); насоса (3);  
 $h$  — высота подъема груза, м;  
 $\eta_{пп}$  — к. п. д. передачи: ременной — 0,85—0,9; клиноременной — 0,97—0,98; зубчатой — 0,98; при помощи муфты (непосредственно) 1.

## ВОДОПОДГОТОВКА И ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

Жесткостью воды называется содержание в ней растворимых солей кальция и магния, выраженное в миллиграмм-эквивалентах на 1 л воды; 1 мг-экв жесткости отвечает содержанию 20,04 мг/л  $Ca^{2+}$  или 12,16 мг/л  $Mg^{2+}$ .

Показатель концентрации водородных ионов (рН):

$$pH = \lg \frac{1}{\text{концентрация } H^+}$$

рН

Вода

До 5,5	Сильно кислая
5,5 — 6,5	Слабо кислая
6,5 — 7,5	Нейтральная
7,5 — 8,5	Слабо щелочная
Свыше 8,5	Сильно щелочная

Нормы качества пара и воды для ТЭС на органическом топливе

### Насыщенный и перегретый пар

а) Содержание соединений натрия (в пересчете на Na) не более, мкг/кг:

Электростанция	Котлы с естественной циркуляцией		
	До 4 МПа	4 — 10 МПа	Выше 10 МПа
ГРЭС и отопительные ТЭЦ	60	15	10
ТЭЦ с производственным отбором пара	100	25	15

На ТЭС с прямоточными котлами всех параметров содержание соединений натрия не более 5 мкг/кг.

б) Содержание кремниевой кислоты (в пересчете на  $SiO_2$ ) для котлов давлением 7 МПа и выше не более 15 мкг/кг для ГРЭС и 25 мкг/кг для ТЭЦ.

### Питательная вода

Котлы с естественной циркуляцией

а) Общая жесткость не более (мкг-экв/кг): до 4 МПа на жидком топливе — 5; на др. топливах — 10; 4—10 МПа — соответственно 3; и 5; выше 10 МПа — 1.

б) Содержание кремниевой кислоты (в пересчете на  $SiO_2$ ), мкг/кг:

ТЭС	7—10 МПа	Выше 10 МПа
ГРЭС и отопительные ТЭЦ	80	40
ТЭС с производственным отбором	По данным испытаний	120

в) Содержание кислорода перед деаэратором не более 30 мкг/кг.  
 г) Содержание кислорода после деаэратора не более (мкг/кг) до 10 МПа — 20; 10 МПа и выше — 10.

д) Содержание свободного сульфита (при сульфитировании) перед водяным экономайзером не более 2 мг/кг.

е) Содержание свободного гидразина (при обработке воды гидразином) перед водяным экономайзером в пределах от 20 до 60 мкг/кг в пересчете на  $Na_2H_4$ .

ж) Свободная угольная кислота в воде после деаэраторов должна отсутствовать, а показатель рН (при 20° С) питат. воды должен поддерживаться в пределах  $9,1 \pm 0,1$ .

з) Содержание аммиака и его соединений (в пересчете на  $NH_3$ ) не более 1000 мкг/кг.

и) Содержание нитратов для котлов до 6 МПа не нормируется, а содержание нитритов (в пересчете на  $NO_2$ ) не должно превышать 20 мкг/кг; для котлов давлением более 6 МПа суммарное содержание нитратов и нитритов не должно превышать 20 мкг/кг.

к) Содержание соединений железа (в пересчете на Fe) не более, мкг/кг:

Котлы до 4 МПа на мазуте/на др. видах топлива	100/200
Котлы от 4 до 10 МПа на мазуте/на др. видах топлива	50/100
Котлы от 10 до 14 МПа на мазуте/на др. вида топлива	20/30
Котлы 14 МПа и выше	20

л) Содержание соединений меди (в пересчете на Cu) не более, мкг/кг:

Котлы от 3 до 10 МПа на мазуте/на др. видах топлива	10/20
Котлы 10 МПа и выше	5

м) Содержание масел и тяжелых нефтепродуктов не более, мкг/кг: котлы до 4 МПа — 1, котлы 4 МПа и выше — 0,3.

### Прямоточные котлы

Качество питат. воды прямоточных котлов должно удовлетворять следующим нормам:

- соединения натрия (в пересчете на Na) не более 5 мкг/кг \*;
- кремниевая кислота (в пересчете на  $SiO_2$ ) не более 15 мкг/кг;
- общая жесткость не более 0,2 мкг/кг;
- соединения железа (в пересчете на Fe) не более 10 мкг/кг;
- соединения меди (в пересчете на Cu) в воде перед деаэратором не более 5 мкг/кг;
- кислород перед деаэратором не более 30 мкг/кг;

\* Если на ТЭС с прямоточными котлами на докритические параметры пара проектом не была предусмотрена очистка всего конденсата, выходящего из конденсатосборника турбины, допускается содержание в питат. воде прямоточных котлов соединений натрия до 10 мкг/кг, соединений железа до 20 мкг/кг; общая жесткость питат. воды д. б. не более 0,5 мкг-экв/кг.

- ж) кислород после деаэратора не более 10 мкг/кг;  
 з) показатель рН (при 20° С):  $9,1 \pm 0,1$  и содержание аммиака и его соединений (в пересчете на  $\text{NH}_3$ ) не более 500 мкг/кг;  
 и) удельная электропроводность Н-катионированной пробы питат. воды при 20° С не более 0,3 мкСм/см;  
 к) содержание свободного гидразина (в пересчете на  $\text{Na}_2\text{H}_4$ ) от 20 до 60 мкг/кг;  
 л) масла и тяжелые нефтепродукты (до конденсатоочистки) не более 0,1 мкг/кг.

Вода для впрыскивания при регулировании температуры перегретого пара

Общая жесткость не более, мкг-экв/кг: котлы с естественной циркуляцией — 1; прямоточные котлы — 0,2.

### Конденсат турбин

а) Жесткость не более, мкг/экв/кг: котлы с естественной циркуляцией до 4 МПа на мазуте/ на др. видах топлива — 5/10; 4—10 МПа — соответственно — 3/5; выше 10 МПа — 3; котлы прямоточные и энергоблоки АЭС (до конденсатоочистки) — 0,5.

б) Содержание кислорода после конденсатных насосов не более 20 мкг/кг.

### Дистиллят испарителей

Соединения натрия в пересчете на Na не более 100 мг/кг; свободная углекислота не более 2 мкг/кг.

### Вода для подпитки тепловых сетей и сетевая вода

Нормируемые показатели	Наибольшая $t$ подогрева сетевой воды, °С		
	до 75	75—150	151—200
Растворенный кислород, не более, мг/кг	0,1	0,05	0,03
Взвешенные вещества, не более, мг/кг	5	5	5
Карбонатная жесткость (при кальциевой жесткости не более 3,5 мг-экв/кг) не более, мг-экв/кг	1,5	0,7	0,4
Остаточная общая жесткость при использовании воды продувки котлов (допускается в закрытых системах теплоснабжения), мг-экв/кг	—	0,05	0,05
Свободная углекислота, мг/кг	Отсутствует		
Масла и тяжелые нефтепродукты не более, мг/кг	1	1	1
Содержание радиоактивных веществ, Ки/л	Не более среднегодовых допустимых концентраций, устанавливаемых действующими нормами радиационной безопасности		

Внутристанционные потери пара и конденсата на ТЭС, работающих на органическом топливе, без учета расходов на технологические нужды при номинальной производ. работающих котлов в процентах общего расхода питат. воды не должны превышать: 1% на КЭС, 1,2% на ТЭЦ с чисто отопительной нагрузкой, 1,6% на ТЭЦ с производственной или производственной и отопительной нагрузкой.

При фактическом расходе питат. воды, меньшем номинального, нормы внутристанционных потерь соответственно увеличиваются, но не более чем в 1,5 раза.

Общее значение потерь пара и конденсата на АЭС с реакторами ВВЭР не более 1%, а на АЭС с реакторами РБМК — не более 0,5% производит. блоков.

На ТЭС создается дополнительный запас обессоленной воды в баках без давления, устанавливаемых вне зданий. На блочных ГРЭС и на ТЭЦ с турбинами, имеющими промперегрев, емкость баков принимается на 40 мин работы ТЭС с  $P_{\text{макс}}$ , но не менее 6000 м<sup>3</sup>. На остальных ГРЭС — на 60 мин, но не менее 3000 м<sup>3</sup>. Указанные емкости включают емкость для сбора загрязненного конденсата. Производит. и количество насосов, откачивающих воду из упомянутых баков, обеспечивают одновременно нормальную подпитку цикла и 30% расхода питат. воды в наибольшей турбоустановке. Насосы устанавливаются в количестве не менее двух без резерва.

Емкость баков и производит. насосов должны обеспечивать одновременный пуск четырех блоков по 300 МВт и шести блоков по 200 МВт.

На каждый блок предусматривается установка одного дренажного бака емкостью 15 м<sup>3</sup> с двумя насосами и регулятором уровня. На неблочных ТЭС допускается установка одного такого блока на две-три турбины. Подача из дренажных баков должна производиться или в конденсаторы турбины, или в баки запаса обессоленной воды, или в деаэраторы.

На ТЭС устанавливается, как правило, на каждые четыре — шесть котлов один общий бак слива емкостью 40—60 м<sup>3</sup>. К каждому баку слива из котлов устанавливаются по одному насосу, производит. которого должна обеспечить откачку сливаемой воды в течение 1—1,5 ч.

Редукционно-охладительные установки (РОУ), предназначенные для резервирования регулируемых отборов пара для производства, устанавливаются по одной для данных параметров пара производ. равной отбору одной турбины.

РОУ для резервирования отопительного отбора не устанавливаются, поэтому при выходе из работы одной из турбин остальных турбин, пиковые котлы и РОУ для пиковых сетевых подогревателей должны обеспечить тепловую отдачу на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение в размере нагрузки при средней  $t$  самого холодного месяца.

Капремонт оборудования водоподготовки тепловых установок, установок для очистки конденсатов, обработки загрязненных и сточных вод, а также установок для коррозийной обработки воды и конденсата — 1 раз в 2—3 года, а текущий ремонт — по мере необходимости.

# ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

## Ионитные фильтры ( $P_{\text{раб}} = 0,6 \text{ МПа}$ )

Наименование и шифр	Диаметр, мм	Высота, мм	Масса без арматуры, кг	Нагрузочная масса, т
---------------------	-------------	------------	------------------------	----------------------

### Параллельноточные

#### Фильтры первой ступени

Натрий-катионитный	1000	3688	1012	5
То же	1500	3980	1669	10
Водород-катионитный	1000	3598	1089	5
То же	1500	3928	1692	10
ФИПа1-1,0-6 } ионообменный натрий-катионитный	1000	3753	1088	5,9
ФИПа1-1,4-6 }	1400	4016	1771	6,8
ФИПа1-1,0-6 } ионообменный водород-катионитный	1000	3660	1069	5,8
ФИПа1-1,4-6 }	1400	3962	1760	6,8
Ионообменный параллельно-поточный (водородный и натриевый)				
ФИПа1-2,0-6	2000	4930	2630	15
ФИПа1-2,6-6	2600	5200	4258	27
ФИПа1-3,0-6	3000	5470	5187	36
ФИПа1-3,4-6	3400	5740	7398	47

#### Фильтры второй ступени

Натрий-катионитный	1000	2978	926	3,5
То же	1500	3373	1614	7,5
Водород-катионитный	1000	2923	957	3,5
То же	1500	3314	1678	7,5
ФИПаП-1,0-6 } ионообменный натрий-катионитный	1000	3040	984	4,7
ФИПаП-1,4-6 }	1400	3410	1666	5,6
ФИПаП-1,0-6 } ионообменный водород-катионитный	1000	2988	966	4,6
ФИПаП-1,4-6 }	1400	3352	1720	5,7
Ионообменный параллельно-поточный (водородный и натриевый)				
ФИПаП-2,0-6	2000	3630	2089	13
ФИПаП-2,6-6	2600	4015	3697	20
ФИПаП-3-6	3000	4385	4740	30

Продолжение

Наименование и шифр	Диаметр, мм	Высота, мм	Масса без арматуры, кг	Нагрузочная масса, т
---------------------	-------------	------------	------------------------	----------------------

### Противоточные (водород-катионитные с «зажатым слоем»)

ФИПр-2-6	2000	6314	3764	24
ФИПр-2,6-6	2600	6745	6045	42
ФИПр-3-6	3000	6850	7155	59
ФИПр-3,4-6	3400	7019	9441	78

### Фильтры смешанного действия (ФСД) и вспомогательное оборудование к ним ( $P_{\text{раб}} = 0,6 \text{ МПа}$ )

Наименование и шифр	Диаметр, мм	Высота, мм	Масса аппарата, кг	Нагрузочная масса, т
ФСД с внутренней регенерацией ФСДвр-2,0-6	2000	5080	3245	15,5
ФСД с выносной регенерацией: ФСДНр-2,0-10	2000	3740	2710	17
ФСДНр-2,6-10	2600	4250	4236	20,5
ФСДНр-3,4-10	3400	4795	7497	45
Регенератор: к ФСДНр-2,6-10	1600	4575	2091	9
к ФСДНр-2,6-10	2000	5715	3345	15,5
к ФСДНр-3,4-10	2600	6050	5346	30
Ловушка для ФСД и целлюлозных фильтров: тип I	150	$L = 579$	124	
тип II	200	$L = 622$	181,5	
тип III	250	$L = 671$	300	
тип IV	400	$L = 1086$	372	

### Осветлительные (механические) и сорбционные фильтры

Наименование и шифр	Диаметр, мм	Высота, мм	Масса фильтра без арматуры, кг	Нагрузочная масса, т
<b>Осветлительный вертикальный:</b>				
ФОВ-1,0-6	1000	2964	897	4
ФОВ-1,5-6	1500	3357	1576	8,5
ФОВ-1,0-6	1000	3040	952	3,5
ФОВ-1,4-6	1400	3392	1544	5,5
ФОВ-2,0-6	2000	3630	2080	15
ФОВ-2,6-6	2600	4015	3690	28
ФОВ-3,0-6	3000	4385	4729	37
ФОВ-3,4-6	3400	4545	6276	50
ФОВЗК-3,4-6 (двухкамерный)	3400	5500	9280	70
ФОВЗК-3,4-6 (трехкамерный)	3400	7060	12987	102
<b>Осветлительный горизонтальный:</b>				
ФОГ-3,6-10,5	3000	$H=4630$ $L=10\ 500$	14000	117
ФОГ-3,6-3,5	3000	$H=4630$ $L=5510$	8165	62
<b>Сорбционный угольный для обезма сливания конденсата:</b>				
ФСУ-2-6	2000	4930	2644	15
ФСУ-2,6-6	2600	5200	4283	27
ФСУ-3-6	3000	5470	5214	36
ФСУ-3,4-6	3400	5470	7445	47
<b>Сорбционный целлюлозный (намывной):</b>				
ФСЦ-1,6-10	1600	4925	3398	14
ФСЦ-2-10	2000	5330	5288	18

### Гидравлические мешалки

Наименование и шифр	Диаметр, мм	Высота, мм	Масса без арматуры, кг	Нагрузочная масса, т
<b>Циркуляционная мешалка извещкового молока:</b>				
М-4 ( $V=4\ м^3$ )	1600	2900	509	5
М-8 ( $V=8\ м^3$ )	2000	3800	1323	10
М-14 ( $V=14\ м^3$ )	2600	4600	2145	17
<b>Мешалка для кислых реагентов:</b>				
МК-1 ( $V=1\ м^3$ )	1200	1710	281	1,3
МК-2 ( $V=2\ м^3$ )	1600	1926	394	2,4

### Баки

Наименование и шифр	Диаметр, мм	Высота, мм	Масса без арматуры, кг	Нагрузочная масса, т
<b>Бак-вытеснитель крепкой серной кислоты:</b>				
БК-0,5 ( $V=0,5\ м^3$ , $\rho=0,6\ МПа$ )	800	1450	274	1,2
БК-1,5 ( $V=1,5\ м^3$ )	1000	2500	510	3,4
<b>Бак для хранения крепкой серной кислоты БК-15 (<math>V=15\ м^3</math>, <math>\rho=0,6\ МПа</math>)</b>	2000	5800	3932	30
<b>Бак для хранения едкого натра БЕ-30 (<math>V=30\ м^3</math>, <math>\rho=0,6\ МПа</math>)</b>	2600	6050	4840	50

### Насосы-дозаторы типа НД

Регулирование подачи вручную при остановленном эл. дв. НД16/400(96); НД25/250(95); НД40/160(95); НД63/100(96); НД100(63)(96); НД400/16(103); НД630/10(107); НД1000/10(132); НД1600/10(221); НД2500/10(227); НД100/250(182).

НД — серия, число перед чертой — номинальная подача, л/ч; число за чертой — давление нагнетания, кгс/см<sup>2</sup>; в скобках — масса насоса с эл. дв. АО2, кг.

Регулирование подачи вручную на ходу эл. дв. НДО, 5Р2, 5/400; НДО, 5Р10/100; НДО, 5Р16/63; НДО, 5Р25/40; НДО, 5Р40/25; НДО, 5Р63/16; НДО, 5Р100/10. НДО, 5Р — см. выше; масса насосов с эл. дв. 42 и 43 кг.

Регулирование вручную, автоматически или дистанционно на ходу: НДО, 5Э2, 5/400; НДО, 5Э10/100; НДО, 5Э16/63; НДО, 5Э25/40; НДО, 5Э40/25; НДО, 5Э63/16; НДО, 5Э100/10. НДО, 5Э — см. выше; масса насоса с эл. дв. 55 кг.

### Теплообменники и подогреватели

Наименование	Поверхность нагрева, м <sup>2</sup>	Производит., т/ч	Масса без арматуры, кг	Нагрузочная масса, т
<b>Теплообменник водо-водяной</b>	1,6	5—10	130	0,2
	5	20—40	268	0,4
	21	10—240	700	1,1
	34,2	400	860	1,4
<b>Подогреватель пароводяной</b>	4	25	300	0,4
	8,2	50	376	1
	14,6	100	608	1
	30,3	200	900	1,4
	60	400	1500	2,5

## Блочные водоподготовительные установки

Блочная водоподготовка	Габариты, мм	Масса, кг	Нагру- зочная масса, т
Блочная водоподготовка: $Q=5 \text{ м}^3/\text{ч}$ , $p=0,5 \text{ МПа}$	$2750 \times 1300$ ; $H=3600$ $3050 \times 2300$ ; $H=3830$	2870	6
$Q=10 \text{ м}^3/\text{ч}$ , $p=0,5 \text{ МПа}$		3890	10
Блочная водоподготовка <sup>1</sup> : $Q=0,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ , $p=0,4 \text{ МПа}$	$1070 \times 770$ ; $H=1980$ $1070 \times 750$ ; $H=2495$	390	—
$Q=1 \text{ м}^3/\text{ч}$ , $p=0,4 \text{ МПа}$		456	—
Блочная водоподготовка с механи- ческим фильтром $Q=1 \text{ м}^3/\text{ч}$ , $p=0,4 \text{ МПа}$	$2060 \times 825$	882	—

<sup>1</sup> В комплект входят паровые котлы Е-0,4/9 и Е-1/9.

## Декарбонизаторы

Производит., $\text{м}^3/\text{ч}$	$D_{\text{вн}}$ мм.	Площадь попереч- ного сече- ния, $\text{м}^2$	Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$	Масса, кг (соответственно высоте)
15	565	0,25	375	0,9; 0,9; 1; 1
25	730	0,42	625	1,3; 1,4; 1,4; 1,5
50	1030	0,83	1250	2,2; 2,4; 2,6; 2,7
75	1260	1,25	1880	3,3; 3,5; 3,7; 4
100	1460	1,67	2500	4,3; 4,6; 4,9; 5,2
125	1630	2,08	3100	5,4; 5,8; 6,2; 6,5
150	1790	2,50	3750	6,5; 7; 7,5; 8
200	2060	3,33	5000	8,4; 9; 9,6; 10,2
250	2315	4,20	6250	10,6; 11,3; 12,1; 12,8
300	2520	5,00	7500	12,5; 13,4; 14,3; 15,2

Примечание. Высота 4,5; 4,8; 5,1; 5,4 м.

Трубы напорные из полиэтилена (МРТУ 6-05-917 и 918-67)

Наружный диаметр, мм /	Легкий тип — Л		Среднелегкий тип — СЛ		Средний тип — С		Тяжелый тип — Т	
	Толщина стенки, мм	Масса, кг/м	Толщина стенки, мм	Масса, кг/м	Толщина стенки, мм	Масса, кг/м	Толщина стенки, мм	Масса, кг/м
10	—	—	—	—	—	—	—/2	—/0,05
12	—	—	—	—	—	—	—/2	—/0,07
16	—	—	—	—	—/2	—/0,10	2/2,7	0,09/0,12
20	—	—	—	—	—/2,2	—/0,13	2/3,4	0,12/0,18
25	—	—	—/2	—/0,15	—/2,7	—/0,20	2,3/4,2	0,19/0,28
32	—	—	—/2,5	—/0,23	2/3,5	0,20/0,32	2,9/5,4	0,29/0,48
40	—/2	—/0,28	—/3	—/0,36	2,3/4,3	0,29/0,49	3,7/6,7	0,44/0,71
50	—/2,4	—/0,39	2/3,7	0,32/0,55	2,9/5,4	0,45/0,78	4,6/8,4	0,68/1,1
63	—/3	—/0,59	2,5/4,7	0,51/0,87	3,6/6,8	0,71/1,21	5,8/10,5	1,08/1,73
75	2/3,6	0,49/0,83	2,9/5,6	0,7/1,23	4,3/8,1	1,06/1,71	6,9/12,5	1,53/2,43
90	2,2/4,3	0,63/1,18	3,5/6,7	1,02/1,76	5,1/9,7	1,54/2,43	8,2/15	2,18/3,49
110	2,7/5,3	0,97/1,76	4,3/8,2	1,51/2,62	6,3/11,8	2,14/3,60	10/18,4	3,24/5,21
140	3,5/6,7	1,58/2,83	5,4/10,4	2,41/4,25	8/—	3,44/—	12,8/—	5,26/—
160	4/7,7	2,06/3,70	6,2/11,9	3,17/5,53	9,1/—	4,47/—	14,6/—	6,86/—
225	5,5/—	3,94/—	8,7/—	6,2/—	12,8/—	8,8/—	—/—	—/—
280	6,9/—	6,15/—	10,8/—	9,55/—	—/—	—/—	—/—	—/—
315	7,7/—	7,75/—	12,2/—	12,1/—	—/—	—/—	—/—	—/—

Примечание. Числа до черты — характеристики труб из полиэтилена высокой плотности (ПВП), после черты — из полиэтилена низкой плотности (ПНП). Наибольшие давления, допускаемые для труб из ПВП и ПНП: Л — 0,25 МПа; СЛ — 0,4 МПа; С — 0,6 МПа и Т — 1 МПа; эти давления указаны для транспортирования воды при 20 °С. Трубы  $\varnothing$  от 20 мм поставляются прямыми отрезками длиной 6, 8 и 12 м (ПВП) и 6, 8, 10 и 12 м (ПНП).

Практические пределы измерений температуры

Прибор	Пределы измерений		
	от	до (длительно)	до (кратковременно)
<b>Термометры:</b>			
ртутные	-35	500	—
манометрические	-60	400	—
платиновые терморезисторы	-200	500	—
медные терморезисторы	-50	100	—
<b>термоэлектрические:</b>			
вольфрамовый (ТВР)	0	2200	2500
платинородий (ТПР)	300	1600	1800
платинородий — платина (ТПП)	0	1300	1600
хромель — алюминий (ТХА)	-200	1000	1300
хромель — копель (ТХК)	-200	600	800
<b>Пирометры:</b>			
оптические	800	6000	—
фотоэлектрические	500	4000	—
цветовые	1400	2500	—
радиационные	400	2500	—

Пределы измерений (верхние) манометров, МПа (кгс/см<sup>2</sup>)  
(ГОСТ 2405-63)

2,5 (25)	4 (40)	0,06 (0,6)	0,1 (1)
250 (2500)	400 (4000)	6 (60)	10 (100)
		600 (6000)	1000 (10 000)
0,16 (1,6)	0,25 (2,5)	0,4 (4)	0,6 (6)
16 (160)	25 (250)	40 (400)	60 (600)
		1 (10)	1,6 (16)
		100 (1000)	160 (1600)

Измерение расхода жидкостей, газов и пара при помощи сужающих устройств (диафрагм и сопел).

Объемный расход, м<sup>3</sup>/ч:

$$Q_0 = 4 \cdot 10^3 \alpha \varepsilon d^2 \sqrt{\frac{p_1 - p_2}{\rho}} = 4 \cdot 10^3 \alpha \varepsilon m D^2 \sqrt{\frac{p_1 - p_2}{\rho}}$$

Расход по массе, кг/ч:

$$Q_m = 4 \cdot 10 \alpha \varepsilon d^2 \sqrt{(p_1 - p_2) \rho} = 4 \cdot 10^3 \alpha \varepsilon m D^2 \sqrt{(p_1 - p_2) \rho}$$

где  $\alpha$  — коэффициент расхода (см. табл. на стр. 137);  $\varepsilon$  — поправочный коэффициент на расширение измеряемой среды (см. табл. на стр. 137);

$m$  — модуль сужающего устройства, равный  $d^2 : D^2$ ;  $D$  и  $d$  — диаметры трубопровода и сужающего устройства при рабочей  $t$ , м;  $p_1$  и  $p_2$  — статическое давление измеряемой среды до и после сужающего устройства, Па;  $\rho$  — плотность измеряемой среды по состоянию до сужающего устройства, кг/м<sup>3</sup>.

Расчетные значения коэффициента расхода  $\alpha$

D, мм	Модуль, $m$								
	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,65	0,7

Нормализованные диафрагмы

50	0,613	0,616	0,629	0,649	0,676	0,713	0,761	0,791	0,827
100	0,609	0,612	0,624	0,643	0,669	0,706	0,752	0,782	0,817
200	0,604	0,607	0,618	0,637	0,663	0,699	0,744	0,773	0,808
300	0,601	0,604	0,615	0,634	0,660	0,695	0,740	0,768	0,802
400 и более	0,598	0,602	0,615	0,634	0,660	0,695	0,740	0,768	0,802

Нормализованные сопла и сопла Вентури

50	0,987	0,989	0,999	1,018	1,046	1,089	1,157	1,204
100	0,987	0,989	0,999	1,017	1,045	1,086	1,152	1,198
200	0,987	0,989	0,999	1,017	1,044	1,083	1,147	1,191
300 и более	0,987	0,989	0,999	1,017	1,043	1,081	1,141	1,183

Поправочный коэффициент  $\varepsilon$

$\frac{p_1 - p_2}{p_1}$	$k = 1,2$			$k = 1,3$			$k = 1,4$		
	$m = 0,05$	$m = 0,4$	$m = 0,7/0,65^*$	$m = 0,05$	$m = 0,4$	$m = 0,7/0,65^*$	$m = 0,05$	$m = 0,4$	$m = 0,7/0,65^*$

Нормализованные диафрагмы

0,02	0,992	0,991	0,989	0,993	0,992	0,990	0,994	0,993	0,990
0,06	0,977	0,974	0,968	0,979	0,976	0,970	0,981	0,978	0,972
0,10	0,964	0,959	0,948	0,966	0,962	0,952	0,968	0,963	0,955

Нормализованные сопла и сопла Вентури

0,02	0,987	0,984	0,974	0,988	0,986	0,977	0,989	0,987	0,978
0,06	0,961	0,952	0,925	0,965	0,957	0,932	0,967	0,960	0,936
0,10	0,935	0,921	0,882	0,940	0,927	0,890	0,943	0,931	0,895

\* До черты — значение  $m$  для нормализованных диафрагм, после черты — для нормализованных сопел.  $k$  — показатель адиабаты расширения измеряемой среды.

Тип прибора	Рекомендуемая область применения	Род тока входного сигнала	Максимальное количество первичных приборов	Основные виды первичных приборов	Примечание
РПИБ-III, РПИБ-IV	Регулирование уровня, давления, разрежения, расхода или соотношения любых двух указанных величин в жидких и газообразных средах и пр.	Перем., 50 Гц	3 4	Первичные приборы с дифференциально-трансформаторными датчиками завода «Манометр» или индукционными датчиками МЗТА	Приборы могут работать от первичных приборов с релаксационными или ферродинамическими датчиками, а также от прочих первичных приборов, развивающих на выходе сигнал перем. тока 50 Гц, синфазный со стабилизированным напряжением питания регулирующего прибора. Сочетание видов приборов с индукционными или дифференциально-трансформаторными датчиками не регламентируется
РПИБ-Т	Регулирование $t$ любых сред при условии ее измерения с помощью термопары	Пост.	1	Термопара с электродами «хромель — копель»	Прибор может работать от термопар любой стандартной градуировки и прочих первичных приборов, развивающих на выходе малый пост. ток. Допускается последовательное включение с обычной термопарой «скоростной термопары»

Продолжение

Тип прибора	Рекомендуемая область применения	Род тока входного сигнала	Максимальное количество первичных приборов	Основные виды первичных приборов	Примечание
РПИБ-Т2	Регулирование $t$ любых сред при условии ее измерения с помощью термопары с коррекцией по параметру, измеряемому первичными приборами с индукционными или дифференциально-трансформаторными датчиками, либо регулирование параметра, измеряемого первичным прибором с индукционным или дифференциально-трансформаторным датчиком с коррекцией по $t$ , измеряемой термопарой	Пост., перем., 50 Гц	1 2	Термопара с электродами «хромель — копель». Первичные приборы с индукционными датчиками МЗТА или дифференциально-трансформаторными датчиками завода «Манометр»	См. примечания к приборам РПИБ-III и РПИБ-Т
РПИБ-С	Регулирование $t$ любых сред при условии ее измерения с помощью стандартного эл. термометра сопротивления	Перем., 50 Гц	1	Стандартный электрический медный термометр сопротивления типа ТСМ-Х	Прибор может работать от любых стандартных электро-термометров сопротивления

Тип прибора	Рекомендуемая область применения	Род тока входного сигнала	Максимальное количество первичных приборов	Основные виды первичных приборов	Примечание
РПИБ-2С	Регулирование $t$ любых сред при условии ее измерения с помощью стандартного эл. термометра сопротивления с введением автоматической коррекции по $t$ другой среды, в том числе окружающего воздуха, также измеряемой термометрами сопротивления	Перем., 50 Гц	2	Любые стандартные эл. термометры сопротивления	См. примечание к прибору РПИБ-С
РПИБ-III	Обеспечение прерывистого управления насосами-дозаторами реагентов химводоочистительных установок	Перем., 50 Гц	3	То же, что и для РПИБ-III	См. примечание к прибору РПИБ-III. Диапазон изменения периода выходного сигнала при средней скважности 50—100 с. Диапазон изменения скважности при 100%-ном входном сигнале 0,7—0,9
РПИБ-М	Регулирование активной мощности в трехфазных цепях перем. тока	Перем., 50 Гц	2	Первичный прибор с дифференциально-трансформаторным датчиком завода «Манометр» и датчиком тока ДТТ-58 МЗТА	Вместо указанного первичного прибора с дифференциально-трансформаторным датчиком могут применяться первичные приборы с ферродинамическими, индукционными или реостатными датчиками

Продолжение

Тип прибора	Рекомендуемая область применения	Род тока входного сигнала	Максимальное количество первичных приборов	Основные виды первичных приборов	Примечание
РПИБ-IV-Ф	Регулирование уровня, давления, разрежения, расхода или их соотношения в жидких или газообразных средах и др.	Перем., 50 Гц	4	Первичные приборы с ферродинамическими датчиками	
РПИБ-МК-Н	Регулирование содержания свободного кислорода в продуктах сгорания топлива	Пост.	1	Датчик магнитного кислородомера КМК-Н-66 с унифицированным сигналом 0—5 мА пост. тока	

Примечание. РПИБ — регулятор интегрально-пропорциональный, бесконтактный.

РПИБ — универсальные регуляторы, обеспечивающие регулирование по любому закону: пропорциональному, интегральному и интегрально-дифференциальному; отсутствие в цепи (первичный прибор регулирующего устройства — исполнительный механизм открытых контактов, в том числе в цепях обратной связи) контакта обеспечивает высокую степень надежности регуляторов. РПИБ применяются для автоматического регулирования любых теплоэнергетических процессов во всех отраслях промышленности, где отсутствуют требования взрывобезопасности. Наиболее широкое применение эти регуляторы находят в энергетике. Для автоматического регулирования котлоагрегатов с производительностью до 20 т/ч выпускается система «Кристалл» — серия автоматических бесконтактных регуляторов, имеющих аналоговый выход. Эти регуляторы более просты по конструкции, обеспечивают трехпозиционное и пропорциональное регулирование.

Для автоматизации ТЭС с блоками 200 МВт и ниже и поперечными связями применяются системы с индивидуальными средствами автоматического регулирования, управления и контроля.

Для ТЭС с блоками более 200 МВт на каждый блок предусматривается система автоматического контроля и управления с применением ИВМ (информационно-вычислительных машин) и логических устройств. Для блоков 500 МВт и более допускается установка УВМ (управляющей вычислительной машины).

## ПЕРЕДВИЖНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Союзной промышленностью выпускаются унифицированные бензоэлектрические агрегаты и станции 0,5; 1; 2; 4; 8; 12 и 16 кВт и унифицированные дизель-электрические агрегаты и станции 5; 10; 20; 30; 50; 75; 100 и 200 кВт различных исполнений по назначению, роду тока, частоте и напряжению.

### Оценочные характеристики эл. станций до 10 кВт

Характеристика	Автономные ЭС	ЭС с отбором мощности
Удельная масса, кг/кВт . . . . .	50	30
Удельная площадь, м <sup>2</sup> /кВт . . . . .	0,13	0,06
Удельный объем, м <sup>3</sup> /кВт . . . . .	0,15	0,07
Удельный расход топлива, г/(кВт·ч) . .	300—310	300—312
Время развертывания, ч . . . . .	0,5—1	0,25

## КАТОДНО-СЕТЕВЫЕ СТАНЦИИ

Катодно-сетевые станции (КСС) с кремниевыми (К) и селеновыми (С) выпрямителями для защиты магистральных трубопроводов и других металлических сооружений от почвенной коррозии:

КСС-150 (К-61) (460 × 290 × 563 мм; 33,6 кг); КСС-300 (К-61) (515 × 315 × 595 мм; 37, 5 кг); КСС-600 (К-61) (590 × 350 × 720 мм; 74,5 кг); КСС-1200 (К-61) (935 × 840 × 475 мм; 92 кг). Первое число в обозначении типа  $P_n$  выпрямленного тока, Вт. Те же типы выполняются с селеновыми выпрямителями; характеристики типов совпадают, цены другие.

# ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## НОМИНАЛЬНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ, ТОКИ И ЧАСТОТЫ

Номинальные напряжения эл. сетей и присоединяемых к ним источников и приемников эл. энергии (по ГОСТ 721-74 и 21128-75)

До 1000 В

Постоянный ток		Переменный ток			
Источники и преобразователи	Сети и приемники	Источники и преобразователи		Сети и приемники	
		Однофазный ток	Трехфазный ток	Однофазный ток	Трехфазный ток
28,5	27	42	42	40	40
115	110				
230	220	230	230	220	220
			400	380	380
460	440	230	690	660	660

**Примечание.** Для источников и преобразователей указаны междуфазные значения напряжений трехфазного тока.

Дополнительно разрешается применять  $U_n$ :

24 В однофазного тока и 36 В частотой 50 Гц для источников, преобразователей и приемников общепромышленного назначения;

12; 14; 36; 48; 60 В пост. тока (источники, преобразователи и приемники) в сетях общепромышленного назначения.

Допускаемые отклонения в процентах  $U_n$  систем электропитания сетей, источников, преобразователей и приемников эл. энергии должны выбираться из следующего ряда: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 15.

## Выше 1000 В

$U_n$ сетей и приемников эл. энергии, кВ	$U_n$ междуфазное, кВ			$U_n$ наибольшее, кВ
	СГ и СК	трансформаторов без РПН		
		первичные обмотки	вторичные обмотки	
(3)	(3,15)	(3) и (3,15)	(3,15) и (3,3)	(3,6)
6	6,3	6 и 6,3	6,3 и 6,6	7,2
10	10,5	10 и 10,5	10,5 и 11	12
20	21	20 и 21	22	24
35	—	35	38,5	40,5
110	—	110	121	126
(150)	—	(150)	(165)	(172)
220	—	220	242	252
330	—	330	347	363
500	—	500	525	525
750	—	750	787	787

Примечания: 1. Напряжения, указанные в скобках, для вновь проектируемых сетей не рекомендуются.

2.  $U_n$  первичных обмоток тр-ров 3,15; 6,3; 10,5; 21 кВ относятся к тр-рам, присоединяемым непосредственно к шинам генераторного напряжения эл. станций или к выводам СГ.

3. Значения наибольших  $U$  не учитывают кратковременные повышения  $U$  в аварийных условиях при внезапном сбросе нагрузки, а также повышения  $U$  с рабочей частотой длительностью до 20 мин, возможные при оперативных переключениях.

4. Для СК допускаются  $U_n=6,6$ ; 11 и 22 кВ.

### Номинальные токи (по ГОСТ 6827-76)

Номинальные токи (предпочтительные) электрооборудования и электроприемников по ГОСТ 6827-76: 1,00; 1,60; 2,40; 4,00; 6,30 А, а также десятикратные и долгие значения этих токов.

### Номинальные частоты (по ГОСТ 6697-75)

$f_n$  систем электроснабжения и приемников электроэнергии:

а) источники: 50; 400; 1000; 10 000 Гц;

б) преобразователи и приемники энергии: 50; 400; 1000; 2000; 4000; 10 000 Гц;

в) дополнительно допускаются: 100; 150; 200; 300 Гц — для эл. инструментов; эл. приводов; центрифуг; сепараторов и деревообрабатывающих станков.

500; 2400; 8000 Гц — для электротермического оборудования.  
Допускаемые отклонения в процентах  $f_n$ : 0,0002; 0,0005; 0,001; 0,002; 0,005; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 5; 10.

## КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (по ГОСТ 13109-67)

1. Отклонение частоты от номинального значения в нормальном режиме работы допускается в пределах  $\pm 0,1$  Гц. При этом расхождение между астрономическим и синхронным временем допускается не более  $\pm 2$  мин.

Допускается временная работа энергосистемы с отклонением частоты в пределах  $\pm 0,2$  Гц.

2. Колебания частоты не должны превышать 0,2 Гц сверх отклонений частоты, указанных в п. 1.

Примечание. Указанные в пп. 1 и 2 нормы показателей качества не распространяются на период послеаварийного восстановления частоты в системе.

3. На зажимах приборов рабочего освещения, установленных в производственных помещениях и общественных зданиях, где требуется значительное зрительное напряжение, а также в прожекторных установках наружного освещения допускаются отклонения напряжения в пределах от  $-2,5$  до  $+5\%$  номинального.

На зажимах эл. дв. и аппаратов для их пуска и управления допускаются отклонения напряжения в пределах от  $-5$  до  $+10\%$  номинального.

На зажимах остальных приемников эл. энергии допускаются отклонения напряжения в пределах  $\pm 5\%$  номинального.

В послеаварийных режимах допускается дополнительное понижение напряжения на 5%.

4. На зажимах осветительных ламп и радиоприборов допускаемые колебания напряжения  $V_t$ , выраженные в процентах сверх допускаемых отклонений напряжения, определяются в зависимости от частоты их повторений по формуле

$$V_t = 1 + \frac{6}{n} = 1 + \frac{\Delta t}{10},$$

где  $n$  — число колебаний за 1 ч;  $\Delta t$  — средний за 1 ч интервал между последующими колебаниями, мин.

Для остальных приемников эл. энергии колебания напряжения не нормируются.

Для отдельных установок с резкопеременным характером нагрузки (например, в эл. сетях металлургических заводов с прокатными станами) допускаются колебания напряжения до 1,5% номинального при неограниченной их частоте.

В эл. сетях с-х. районов и сетях, питающихся от шин тяговых подстанций электрифицированного транспорта, при наличии специальных технико-экономических обоснований с разрешения МЭиЭ СССР допускаются другие значения колебаний напряжения:

на зажимах эл. дв. и аппаратов для их пуска и управления от  $-7,5$  до  $+10\%$   $U_n$ ;

на зажимах остальных приемников эл. энергии от  $-7,5$  до  $+7,5\%$   $U_n$ .

## ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

## Проводниковые материалы

Материал	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Температура плавления, °С	Предел прочности при растяжении, МПа	Уд. эл. сопротивление, 10 <sup>-6</sup> Ом·м, при 20° С	Темпер. коэф. сопротивления, 1/°С·10 <sup>-4</sup>	Теплопроводность, Вт/(см·°С)	Средняя теплоемкость, Дж/(г·°С)	Темпер. коэф. линейного расширения (20—100° С), 1/°С·10 <sup>-6</sup>
Алюминий	2,7	657	150	0,028	40	2,1	0,24	24
Бронза	8,8	1020	650	0,092	40	0,8	0,4	17
Вольфрам	19,3	3400	2000—4000	0,055	45	1,68	0,14	4,3
Золото	19,3	1063	—	0,02	36	3	0,13	14
Латунь	8,6	940	600	0,072	20	1,20	0,39	18
Медь	8,9	1083	400	0,0172	41	3,9	0,4	16,4
Молибден	10	2600	2000	0,05	49	1,46	0,26	4
Никель	8,8	1452	650	0,07	68	0,6	0,445	13
Олово	7,3	232	40	0,12	44	0,64	0,23	26
Платина	21,4	1770	300	0,1	26	0,7	0,14	9
Ртуть	13,5	-38,7	—	0,952	9	0,11	0,14	61
								(объемный)
Свинец	11,35	327	14	0,22	40	0,34	0,12	29
Серебро	10,5	960	230	0,016	36	4,2	0,23	19
Сталь	7,9	1470	700—1750	0,12	60	0,46	0,5	12
Цинк	7	422	200	0,06	40	1,2	0,37	26
Чугун	7,4	1200	200	0,45	10	0,49	0,46	10

## Проводниковые сплавы высокого сопротивления (по ГОСТ 12766-67)

Марки сплавов	Рабочая $t$ , °С, оптимальная	Лента						Проволока		Прутки горячекатаные
		холоднокатаная			горячекатаная			холоднотянутая	горячекатаная	
		Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, м	Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, м	Диаметр, мм		
X13Ю4 OX23Ю5 OX23Ю5А OX27Ю5А X25Н20	900 1150 1175 1250 900	} 0,2—3,2	} 6—100	} 40—10	} 1,2—3,2	} 20—200	} 40—10	0,2—10	} 6—12	} 13—25
0,3—7,5										
0,3—7,5										
0,5—5,5										
0,2—10										
X15Н60 X15Н60-Н X20Н80 X20Н80-Н	950 1050 1050 1150	} 0,1—3,2	} 4—100	} 40—10	} 1,2—3,2	} 20—200	} 40—10	0,1—1,0	} 6—12	} 13—16
0,1—1,0										
0,1—1,0										
0,1—1,0										
0,1—1,0										

Примечания: 1. Холоднокатаная лента выпускается следующей ширины, мм: 4; 6; 8; 10; 12; 14; 15; 16; 18; 20; 25; 30; 32; 36; 40; 45; 50; 60; 80; 100.

2. Удельное сопротивление, Ом·мм<sup>2</sup>/м, сплавов марок при 20° С: X15Н60 и X15Н60-Н — 1,06—1,17; X13Ю4 — 1,18—1,34; OX23Ю5 — 1,29—1,45; OX23Ю5А — 1,3—1,4; OX27Ю5А — 1,37—1,47; X25Н20 — 0,83—0,96.

## Электроизоляционные материалы

Материал	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Эл. прочность при 20° С, кВ/см	Диэлектрическая проницаемость при 50 Гц и 20° С	Уд. объемное сопротивление при 20° С, Ом·см	tg δ при 50 Гц и 20° С	Коэффициент теплопроводности, Вт/(см·°С)
Асбоцемент	1,7	2,5 (кВ/мм)	7	10 <sup>8</sup>	—	0,008
Битумы	1	17,5	3	10 <sup>14</sup>	0,04	—
Бумага	0,78	7,5	5	10 <sup>13</sup>	0,0025	0,001
Воздух	0,00121	22	1	10 <sup>16</sup>	3 · 10 <sup>-7</sup>	0,0003
Гетинакс	1,35	22	7	10 <sup>16</sup>	0,08	0,0017
Дельта-древесина	1,35	16	7	10 <sup>11</sup>	0,05	0,0016
Древесина	0,7	4	3,5	2 · 10 <sup>11</sup>	Сколо 0,3	0,003
Компаунды пропиточные	1	20	—	10 <sup>14</sup>	0,04	—
Компаунды заливочные эпоксидные	1,7	30	5	10 <sup>13</sup>	0,04	—
Лавсан	1,35	100	3	10 <sup>15</sup>	0,04	0,008
Лакоткаин	1	45	4	10 <sup>13</sup>	0,003—0,06	0,002
Миканиты	2,1	19	6	10 <sup>13</sup>	0,04	0,003
Парафин	0,85	27	2,1	10 <sup>17</sup>	0,0005	—
Полипропилен	0,9	30	2	10 <sup>15</sup>	0,001	—
Полистирол	1,05	32,5	2,5	10 <sup>16</sup>	0,0005	0,008
Поливинилхлорид	1,4	10	6	10 <sup>13</sup>	0,06	0,0018
Полиэтилен	0,94	42	2,3	10 <sup>16</sup>	0,0004	0,0028
Резина	1,8	28	3,5	10 <sup>14</sup>	0,03	0,0015
Слюда	2,78	150	6,5	10 <sup>14</sup>	0,007	0,005
Совол	1,54	17	4,5	10 <sup>13</sup>	0,001	—
Совтол	1,53	18	4,8	10 <sup>14</sup>	0,002	—
Стеатит	2,9	18	6,7	10 <sup>15</sup>	0,001	—
Стеклотекстолит	1,7	18	7	10 <sup>12</sup>	0,08	0,0017

Продолжение

Материал	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Эл. прочность при 20° С, кВ/см	Диэлектрическая проницаемость при 50 Гц и 20° С	Уд. объемное сопротивление при 20° С, Ом·см	tg δ при 50 Гц и 20° С	Коэффициент теплопроводности, Вт/(см·°С)
Текстолит	1,4	15	6	10 <sup>9</sup>	0,15	0,0015
Фарфор	2,3	28	6	10 <sup>13</sup>	0,03	0,0013
Фторопласт-4	2,1	26	2	10 <sup>18</sup>	0,0002	0,003
Шифер	2,8	1	7	10 <sup>8</sup>	0,10	0,02
Эбонит	1,2	17	3	10 <sup>15</sup>	0,01	0,0018

Сталь электротехническая тонколистовая (по ГОСТ 21427.0-76—21427.3-76)

Марки стали (по ГОСТ 21427.0-76)

Марка стали	Классы	Содержание кремния, %	Группы
1211 (Э11), 1212 (Э12), 1213 (Э11)	I (горячекатаная изотропная)	0,8—1,8	I [удельные потери при V = 1,5 Т и f <sub>н</sub> = 50 Гц (P <sub>1,5/50</sub> )]
1311 (Э21), 1312 (Э22), 1313		1,8—2,8	
1411 (Э31), 1412 (Э32), 1413 (Э33)		2,8—3,8	

Марка стали	Классы	Содержание кремния, %	Группы
1511 (Э41), 1512 (Э42), 1513 (Э53), 1514 (Э43А), 1521 (Э44) 1561 (Э45), 1562 (Э46) 1571 (Э47), 1572 (Э48)		3,8—4,8	2 ( $P_{1/400}$ ) 6 [В при $H=0,4$ А/м ( $B_{0,4}$ ) ] 7 [В при $H=10$ А/м ( $B_{10}$ ) ]
2011, 2012, 2013 2111, 2112 2211 (Э1300), 2112 2311, 2312 2411 (Э3100), 2412	2 (холоднокатаная изотропная)	До 0,4 0,4—0,8 0,8—1,8 1,8—2,8 2,8—3,8	1 ( $P_{1,5/50}$ )
3411 (Э3100), 3412 (Э32), 3413 (Э330), 3414 (Э330А), 3415, 3416 3404, 3405, 3406	3 (холоднокатаная анизотропная с ребровой структурой)	2,8—3,8	0 ( $P_{1,7/50}$ )

Примечания: 1. В обозначении марки цифры означают: первая — класс по структурному состоянию и виду прокатки; вторая — содержание кремния; третья — группу по основной нормируемой характеристике. Вместе первые три цифры означают тип стали; четвертая — порядковый номер типа стали.

2. В скобках дано ранее установленное обозначение марок стали.

**Сталь холоднокатаная анизотропная тонколистовая**  
(по ГОСТ 21427.1-75)

Марка стали	Толщина, мм	Удельные потери, Вт/кг, не более			В, Т, при Н, А/м, не менее		
		P <sub>1,0/50</sub>	P <sub>1,5/50</sub>	P <sub>1,7/50</sub>	100	250	2500
3411	0,50	1,10	2,45	3,20	—	—	1,75
	0,35	0,80	1,75	2,50	—	—	1,75
3412	0,50	0,95	2,10	2,80	—	—	1,85
	0,35	0,70	1,50	2,20	—	—	1,85
3413	0,50	0,80	1,75	2,50	—	—	1,85
	0,35	0,60	1,30	1,90	—	—	1,85
3414	0,30	—	1,19	1,75	—	—	1,85
	0,50	0,70	1,50	2,20	1,60	1,70	1,88
	0,35	0,50	1,10	1,60	1,60	1,70	1,88
	0,30	—	1,03	1,50	1,60	1,70	1,88
8415	0,28	—	1,05	1,55	—	—	1,85
	0,35	0,46	1,03	1,50	1,61	1,71	1,90
	0,30	—	0,97	1,40	1,61	1,71	1,90
3416	0,28	—	0,95	1,38	1,61	1,71	1,90
	0,28	—	0,89	1,30	1,61	1,70	1,90

Примечание. Для стали всех марок основными нормируемыми характеристиками являются удельные потери при  $B=1,5$  Т и  $B$  при  $H=2500$  А/м.

Сталь изготовляют толщиной 0,28; 0,3 и 0,35 с электроизоляционным термостойким покрытием; 0,50 мм — без электроизоляционного термостойкого покрытия или с покрытием, не ухудшающим штампуемость.

Удельное эл. сопротивление стали марок 3411, 3412, 3413, 3414, 3415, 3416, 3404, 3405 и 3406 — 0,5 Ом·мм<sup>2</sup>/м.

**Сталь холоднокатаная изотропная тонколистовая**  
(по ГОСТ 21427.2-75)

Марка стали	Толщина, мм	Удельные потери, Вт/кг, не более		В, Т, при Н, А/м, не менее				
		P <sub>1/50</sub>	P <sub>1,5/50</sub>	1000	2500	5000	10000	30000
2011	0,65	3,8	9,0	1,48	1,60	1,70	1,80	2,02
	0,50	3,5	8,0	1,49	1,60	1,70	1,80	2,02
2012	0,65	3,6	8,0	1,50	1,62	1,72	1,82	2,02
	0,50	2,9	6,5	1,50	1,62	1,72	1,82	2,02
2013	0,65	3,1	7,0	1,53	1,64	1,74	1,85	2,03
	0,50	2,5	5,6	1,54	1,65	1,75	1,85	2,05
2111	0,65	4,3	10,0	1,45	1,58	1,66	1,75	2,00
	0,50	3,5	8,0	1,46	1,58	1,67	1,78	2,00
2112	0,65	3,5	8,0	1,46	1,59	1,67	1,77	2,02
	0,50	2,6	6,0	1,46	1,60	1,68	1,77	2,02
2211	0,65	3,0	7,0	1,40	1,56	1,65	1,73	1,96
	0,50	2,6	5,8	1,40	1,56	1,65	1,76	2,00
2212	0,65	2,6	6,3	1,42	1,58	1,67	1,77	2,00
	0,50	2,2	5,0	1,42	1,60	1,68	1,77	2,00
2311	0,65	2,5	5,8	1,36	1,52	1,62	1,72	1,96

Марка стали	Толщина, мм	Удельные потери, Вт/кг, не более		B, T, при H, А/м, не менее				
		P <sub>1/50</sub>	P <sub>1.5/50</sub>	1000	2500	5000	10000	30000
2312	0,50	1,9	4,4	1,38	1,54	1,64	1,74	1,96
	0,65	2,4	5,6	1,38	1,54	1,64	1,72	1,96
2411	0,50	1,75	4,0	1,40	1,56	1,66	1,74	1,96
	0,50	1,60	3,6	1,37	1,49	1,61	1,73	1,96
2412	0,35	1,30	3,0	1,37	1,50	1,60	1,70	1,95
	0,50	1,30	3,1	1,35	1,50	1,60	1,70	1,95
	0,35	1,15	2,5	1,35	1,50	1,60	1,70	1,95

Примечание. Удельные потери проверяют при B=1,5 T, а B при H=2500 А/м.

Удельное эл. сопротивление стали марок: 2011, 2012 и 2013—0,14 Ом·мм<sup>2</sup>/м; 2111 и 2112—0,17 Ом·мм<sup>2</sup>/м; 2211 и 2212—0,25 Ом·мм<sup>2</sup>/м; 2311 и 2312—0,4 Ом·мм<sup>2</sup>/м; 2411 и 2412—0,50 Ом·мм<sup>2</sup>/м.

Сталь горячекатаная тонколистная  
(по ГОСТ 21427.3-75)

Стали типов 121, 131, 141, 151

Марка стали	Толщина, мм	Удельные потери, Вт/кг, не более		B, T, при H, А/мм, не менее				
		P <sub>1/50</sub>	P <sub>1.5/50</sub>	1000	2500	5000	10000	30000
1211	1,00	5,8	13,4	—	1,53	1,63	1,76	2,00
	0,50	3,3	7,7	—	1,53	1,64	1,76	2,00
1212	1,00	5,4	12,5	—	1,53	1,62	1,76	2,00
	0,65	3,4	8,0	—	1,50	1,62	1,75	1,98
1213	0,50	3,1	7,2	—	1,50	1,62	1,75	1,98
	1,00	4,7	10,7	—	1,50	1,62	1,75	1,98
	0,65	3,2	7,5	—	1,50	1,62	1,75	1,98
	0,50	2,8	6,5	—	1,50	1,62	1,75	1,98
1311	0,50	2,5	6,1	—	1,48	1,59	1,73	1,95
1312	0,50	2,2	5,3	—	1,48	1,59	1,73	1,95
1313	0,50	2,1	4,6	—	1,48	1,59	1,73	1,95
1411	0,50	2,0	4,4	—	1,46	1,57	1,72	1,94
	0,35	1,6	3,6	—	1,46	1,57	1,71	1,92
1412	0,50	1,8	3,9	—	1,46	1,57	1,71	1,92
	0,35	1,4	3,2	—	1,46	1,57	1,71	1,92
1413	0,50	1,55	3,5	—	1,48	1,59	1,73	1,94
	0,35	1,35	3,0	—	1,48	1,59	1,73	1,94
1511	0,50	1,55	3,5	1,30	1,46	1,57	1,70	1,90
	0,35	1,35	3,0	1,30	1,46	1,57	1,70	1,90
1512	0,50	1,40	3,1	1,29	1,45	1,56	1,69	1,89
	0,35	1,20	2,8	1,29	1,45	1,56	1,69	1,89
1513	0,50	1,25	2,9	1,29	1,44	1,55	1,69	1,89
	0,35	1,05	2,5	1,29	1,44	1,55	1,69	1,89
1514	0,50	1,15	2,7	1,29	1,44	1,55	1,69	1,89
	0,35	0,90	2,2	1,29	1,44	1,55	1,69	1,89

Примечание. Удельные потери проверяют при B=1,5 T, а B при H=2500 А/м. Удельное эл. сопротивление стали марок: 1211, 1212 и 1213—0,25 Ом·мм<sup>2</sup>/м; 1311, 1312 и 1313—0,40 Ом·мм<sup>2</sup>/м; 1411, 1412 и 1413—0,50 Ом·мм<sup>2</sup>/м; 1511, 1512, 1513, 1514—0,60 Ом·мм<sup>2</sup>/м.

## ИЗОЛЯЦИОННЫЕ (ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ) МАСЛА

Показатель	По ГОСТ 982-68	По ТУ 38-101-281-72	По ГОСТ 10121-62	По ТУ 38-1-239-69	Масло, находящееся в эксплуатации (по ПТЭ)
Содержание механических примесей		Отсутствие			Отсутствие
Вязкость кинематическая, $10^{-6}$ м <sup>2</sup> /с (сСТ), не более:					
при +20°С	30	30	28	—	Не нормируется
при +50°С	9	9	9	9	То же
t вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, не ниже	135	135	150	135	Снижение не более чем на 5°С от первоначальной
Реакция водной вытяжки (водорастворимые или низкомолекулярные кислоты), мг КОН на 1 г масла		Нейтральная			Нейтральная или содержание водорастворимых кислот не превышает 0,014
Кислотное число, мг КОН на 1 г масла, не более	0,02	0,03	0,02	0,01	0,25
Зольность, %, не более	0,005	0,005	0,005	0,005	Не нормируется
Натровая проба с подкислением, баллы, не более	1	1	1	1	Не нормируется
t застывания, °С, не выше	-45	-45	-45	-53	
а) для МВ	—	—	—	—	а) -35°С для местностей с температурой воздуха выше -20°С
	—	—	—	—	б) -45°С для остальных мест- ностей
б) для тр-ров	—	—	—	—	Не нормируется
в) для тр-ров в районах с холод- ным климатом	-45	-50	-45	-45	—

Показатель	По ГОСТ 982-68	По ТУ 38-101-281-72	По ГОСТ 10121-62	По ТУ 38-1-239-69	Масло, находящееся в эксплуатации (по ПТЭ)	
Содержание взвешенного угля:						
а) в тр-рах			Отсутствие		Отсутствие	
б) в МВ			Отсутствие		Незначительное количество	
Прозрачность при +5°С	Про- зрачно	—	Прозрачно.		Не нормируется	
Эл. прочность (минимальная) масла, кВ, для тр-ров и изоляторов:					В аппаратах и тр-рах	Свежее или ре- генерирован- ное после за- ливки в аппа- раты
а) до 15 кВ включительно	30	30	30	—	20	25
б) 15—35 кВ	35	35	35	—	25	30
в) 60—220 кВ	45	45	—	55	35	40
г) 330—500 кВ	55	55	—	55	45	50
д) до 750 кВ	—	—	—	60	—	—

Показатель	По ГОСТ 982-68	По ТУ 38-101-281-72	По ГОСТ 10121-62	По ТУ 38-1-239-69	Масло, находящееся в эксплуатации (по ПТЭ)	
Общая стабильность против окисле- ния:						
а) количество осадка после окисле- ния, %, не более	0,01	0,02	Отсут- ствие	Отсут- ствие	Не нормируется	
б) кислотное число окисленного масла, мг КОН на 1 г масла, не более	0,1	0,2	0,1	0,03	То же	
Склонность к образованию водорас- творимых кислот в начале старе- ния:						
а) содержание нелетучих водо- растворимых кислот, мг КОН на 1 г масла, не более	0,005	0,005	0,005	0,003	> >	
б) содержание летучих водорас- творимых кислот, мг КОН на 1 г масла, не более	0,005	0,005	0,005	0,003	> >	
Содержание серы, %, не более	—	—	0,6	0,2	—	
tg δ диэлектрических потерь при на- пряженности эл. поля 1 кВ/мм:						
а) при 20°С, %, не более	0,2	—	0,2	—	1	
б) при 70°С, %, не более	1,5	0,7	2	0,3	7	
в) при 90°С, %, не более	—	1,5	—	0,5	—	

## Примечания:

1. ГОСТ 982-68 — масло из малосернистых нефтей с присадкой ДБК (0,2%); ГОСТ 10121-62 — масло селективной очистки из сернистых нефтей; ТУ 38-1-239-69 — масло гидроочищенное из сернистых нефтей; ТУ 38-101-281-72 — масло карбамидной депарафинизации.

2. Эл. прочность масла в баках масляного хозяйства или таре перед заливкой в аппаратуру на 5—10 кВ выше эл. прочности, указанной в таблице.

3. Масло в тр-рах и аппаратах д. б. заменено сухим и чистым или подвергнуто фильтрации или сепарации при понижении эл. прочности до величины, близкой к нормам на эксплуатационное масло, или при обнаружении в масле в большом количестве механических примесей.

4. Если значения физико-химических показателей масла не соответствуют нормам, приведенным в таблице, то такое масло должно быть восстановлено (регенерировано).

5. Масло из восточных сернистых нефтей фенольной очистки выпускается с антиокислительной присадкой.

6. Плотность гидроочищенного масла из сернистых нефтей не более 0,89 г/см<sup>3</sup>.

7. Цвет масла гидроочищенного без разбавления — не менее 17 мм при стекле № 4; селективной очистки с разбавлением 1:1 — не менее 25 мм с применением стекла № 2.

8. Предельно допустимое содержание водорастворимых кислот в масле тр-ров I и II габаритов до 630 кВ · А включительно, работающих в городских и сельских электросетях, составляет 0,03 мг КОН на 1 г масла.

9. tg δ диэлектрических потерь свежих или регенерированных масел после заливки в аппараты допускается для масел, изготовленных по ГОСТ 982-68 и 10121-62 при 20°С — 0,4, а при 70°С — 3,5; для масла, изготовленного по ТУ 38-1-239-69, при 20°С — 0,3, а при 70°С — 2,5.

10. Теплопроводность трансформаторного масла при 20—90°С: 0,0015—0,0021 Вт/(см·°С); теплоемкость — (1,8—2,4) · 10<sup>3</sup> Дж/(кг·°С); температурный коэффициент расширения — 0,00063—0,0007 °С<sup>-1</sup>.

## Области применения изоляционных масел

Выпускаемые масла	Область применения
ГОСТ 982-56	В действующем оборудовании для доливок и замены залитого масла этой же марки при ремонтах
ГОСТ 982-68 (марка ТК <sub>II</sub> )	В первую очередь во вновь вводимом в эксплуатацию оборудовании до 500 кВ включительно
ГОСТ 982-68 (марка ТК)	Не принимать в эксплуатацию
ГОСТ 10121-62	Допускается к применению в оборудовании до 220 кВ включительно
ТУ 38-1-239-69 (марка Т-750)	В оборудовании 500—750 кВ
МРТУ 38-1-178-65	В оборудовании до 500 кВ включительно
ТУ 38-1-182-68	В оборудовании до 110 кВ включительно
ТУ 38-1-225-68 (марка АТМ-65)	В оборудовании до 500 кВ включительно, работающем в условиях Крайнего Севера при t наружного воздуха до — 65°С

Количество масла в тр-ре, т	Среднегодовой расход масла, %, залитого в тр-р			Полный годовой расход масла	
	на доливку	на промывку	на пополнение потерь при смене (регенерации)	%, залитого в тр-р	кг/год
0,4	3,5	1	3	7,5	30
0,8	2,5	0,6	3	6,1	49
1	2,2	0,6	3	5,8	58
2	1,6	0,4	3	5	100
3	1,3	0,4	3	4,7	140
5	1,1	0,3	3	4,4	220
7	0,9	0,3	3	4,2	290
10	0,7	0,3	3	4,2	420
25	0,4	0,3	3	4,2	930
30	0,4	0,3	3	3,7	1110
40	0,4	0,3	3	3,7	1480
50	0,4	0,3	3	3,7	1850
60	0,4	0,3	3	3,7	2220
70	0,4	0,3	3	3,7	2590
80	0,4	0,3	3	3,7	2960
90	0,4	0,3	3	3,7	3310
100	0,4	0,3	3	3,7	3700
110	0,4	0,3	3	3,7	4090
120	0,4	0,3	3	3,7	4400

## Термосифонные фильтры для трансформаторов

Емкость термосифонных фильтров по силикагелю, кг	Расчетное количество масла, кг	Двухобмоточные трехфазные тр-ры				Трехобмоточные тр-ры	
		35 кВ		110 кВ		110 кВ	
		S <sub>н</sub> <sup>н</sup> , кВ·А	Масса масла, кг	S <sub>н</sub> <sup>н</sup> , кВ·А	Масса масла, кг	S <sub>н</sub> <sup>н</sup> , кВ·А	Масса масла, кг
10	1000	320	970	—	—	—	—
25	2500	1 000	2170	—	—	—	—
50	5000	3 200	4970	—	—	—	—
75	7500	5 600	6200	—	—	—	—
75	7500	7 500	6600	—	—	—	—
75	7500	10 000	6300	—	—	—	—
75	7500	15 000	7400	—	—	—	—
100	10000	20 000	8300	—	—	—	—
125	12500	31 500	12400	—	—	—	—
125	12500	—	—	5600	13 000	—	—
150	15000	40 500	14 500	7500	15 700	—	—
150	15000	—	—	10 000	15 200	—	—

Емкость термосифонных фильтров по силикагелю, кг	Расчетное количество масла, кг	Двухобмоточные трехфазные тр-ры				Трехобмоточные тр-ры	
		35 кВ		110 кВ		110 кВ	
		$S_{н}^*$ кВ·А	Масса масла, кг	$S_{н}^*$ кВ·А	Масса масла, кг	$S_{н}^*$ кВ·А	Масса масла, кг
175	17 500	—	—	15 000	16 000	5 600	17 300
175	17 500	—	—	20 000	17 800	7 500	18 700
200	20 000	—	—	31 500	21 500	10 000	19 800
200	20 000	—	—	40 500	25 800	15 000	20 700
2×150	30 000	—	—	60 000	30 600	20 000	22 500
2×150	30 000	—	—	70 000	32 700	31 500	29 500
2×200	40 000	—	—	—	—	40 500	35 700
2×200	40 000	—	—	—	—	60 000	39 100

## Маслоочистительные установки

Тип	Производительность, л/ч	л барабана, об/мин	R эл. дв., кВт	R подогревателя, кВт	Размеры, мм			Масса, кг
					Длина	Ширина	Высота	
ПМ1-3000	3000	6600	4,5	40	1800	1200	1780	1310
СМ-1-3000	3000	6600	4,5	40	1200	1225	1395	710
СЦ-1,5А	1500	6700	2,8	25	1020	500	780	240
СЦ-3А	8000	4740	4,5	40	1140	735	980	390
РТМ-200	225/750	—	2×2,8	40	2550**	227	1830	3275
					1260***	530	1020	
Р-1000М	140	—	1,1 и 1,6	12	3160	2820	2920	1776
ЦМ-1	$\frac{1600^*}{2500}$	—	4,5	45	5800	2375	3220	1585
УТМ	3000	6600	4,5	45	6025	2380	3200	5300

\* В числителе — производит. при эл. прочности масла < 20 кВ, в знаменателе — > 20 кВ.

\*\* Габариты части машины, смонтированной на первой раме.

\*\*\* Габариты фильтр-пресса, смонтированного на второй раме.

а) Сокращенный анализ перед вводом в работу, в период эксплуатации — не реже 1 раза в 3 года и после капремонтов оборудования; у тр-ров 320 кВ·А и более, работающих без термосифонных фильтров, 1 раз в год.

б) Визуальный анализ на содержание взвешенного угля — после отключения к.з. баковыми МВ независимо от напряжения и малообъемными МВ 110 кВ и выше; при капремонтах малообъемных МВ до 35 кВ включительно масло не испытывается, а заменяется свежим.

в) Измерение  $tg \delta$  масла тр-ров и вводов 220 кВ и выше — перед включением в работу; в период эксплуатации — не реже 1 раза в 3 года и после капремонтов оборудования, а также если  $tg \delta$  обмоток или основной изоляции вводов тр-ров имеет значения, близкие к предельным, указанным в нормах.

г) Определение температуры вспышки масла из тр-ров — при обнаружении горючего газа в газовом реле.

В ТН до 20 кВ включительно пробы масла должны отбираться согласно инструкции завода-изготовителя. Качество масла, находящегося в баках контакторов устройств РПН со стороны НН тр-ров, определяется в процессе эксплуатации по величине пробивного напряжения масла.

В испытательном масле наполненном оборудовании проверка масла на эл. прочность производится 1 раз в 3 года.

## Масляное хозяйство электростанций и подстанций

На ЭС: 4 бака турбинного; 4 бака изоляционного и 2 бака машинного масла для мельничных систем. Емкость баков для турбинных и трансформаторных масел — не менее емкости ж.-д. цистерны, т. е. 50 м<sup>3</sup>. Кроме того, емкость каждого бака должна обеспечивать:

для турбинного масла — масляную систему одного агрегата с наибольшим объемом масла и доливку масла в размере 45-дневной потребности для всех агрегатов;

для изоляционного — маслом один наиболее крупный тр-р с запасом 10%;

для машинного — масляные системы 4 мельниц и доливку в размере 45-дневной потребности всех мельниц.

Хранение вспомогательных смазочных средств производится в количестве не менее 45-дневной потребности.

На подстанциях 330—750 кВ: 3 бака изоляционного масла. Емкость каждого бака д. б. на 10% больше емкости одного бака самого большого тр-ра, но не менее емкости ж.-д. цистерны.

На подстанциях 110 кВ и выше с баковыми МВ 110 кВ и выше устанавливаются 2 бака емкостью, равной емкостям 3 баков наибольшего МВ. Запас на доливку должен составлять не менее 1% всего количества масла, залитого в аппараты и тр-ры.

На остальных подстанциях маслобаки не устанавливаются, а доставка масла, в т. ч. сухого, осуществляется в передвижных емкостях.

На подстанциях с СК устанавливаются 2 бака для турбинного масла каждый емкостью не менее 110% емкости масляной системы СК.

# КЛАССЫ НАГРЕВОСТОЙКОСТИ ИЗОЛЯЦИИ

**Материалы электроизоляционные для электрических машин, трансформаторов и аппаратов. Классы по нагревостойкости (по ГОСТ 8865-70)**

Обозначение класса нагревостойкости	Температура, характеризующая нагревостойкость материалов данного класса, °С	Краткая характеристика основных групп электроизоляционных материалов, соответствующих данному классу нагревостойкости
У	90	Волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка и натурального шелка, не пропитанные и не погруженные в жидкий электроизоляционный материал <sup>1</sup> -
А	105	Волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка или натурального, искусственного и синтетического шелка в рабочем состоянии, пропитанные или погруженные в жидкий электроизоляционный материал <sup>1</sup>
Е	120	Синтетические органические материалы (пленки, волокна, смолы и др.) и др. материалы или простые сочетания материалов, для которых на основании практического опыта или соответствующих испытаний установлено, что они могут работать при $t$ , соответствующей данному классу
В	130	Материалы на основе слюды (в том числе на органич. подложках), асбеста и стекловолокна, применяемые с органическими связующими и пропитывающими составами <sup>1</sup>
F	155	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые в сочетании с синтетическими связующими и пропитывающими составами, соответствующими данному классу нагревостойкости <sup>1</sup>
Н	180	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые в сочетании с кремнийорганическими связующими и пропитывающими составами; кремнийорганические эластомеры <sup>1</sup>
С	Свыше 180	Слюда, керамические материалы, стекло, кварц или их комбинации, применяемые без связующих или с неорганическими и элементоорганическими составами <sup>1</sup> . Температура применения этих материалов определяется их физическими, химическими, механическими и электрическими свойствами

<sup>1</sup> Другие материалы или простые сочетания материалов, для которых на основании практического опыта или соответствующих испытаний установлено, что они могут работать при температуре, соответствующей данному классу.

**НОРМИРОВАННЫЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ КРАТКОВРЕМЕННЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ С НОРМАЛЬНОЙ И ОБЛЕГЧЕННОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ, — ДЕЙСТВУЮЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ, кВ (по ГОСТ 1516.1-76)**

Класс напряжения электрооборудования, кВ	$U_{исп}$ — одноминутное внутренней изоляции						
	Силовые тр-ры, шунтирующие и дугогасящие реакторы		Электромагнитные ТН и токоограничивающие реакторы	Аппараты и ТТ (кроме масляных), изоляторы (кроме вводов для тр-ров, реакторов и аппаратов), испытываемые отдельно	Масляные ТТ и выключатели, конденсаторы связи	Вводы для тр-ров, реакторов и аппаратов, испытываемые отдельно	Между контактами одного и того же полюса выключателей
	относительно земли и др. обмоток	между фазами					
3*	18/10	—	24/13	24	24	24	24
6*	25/16	—	32/21	32	32	32	32
10*	35/24	—	42/32	42	42	42	42
15*	45/37	—	55/48	55	55	55	55
20*	55/50	—	65/65	65	65	65	65
24	65	—	75	75	75	75	75
27	70	—	80	80	80	80	80
35	85	—	95	95	95	95	95
110	200	200	200	230	200	265	230/220**
150	230	275	275	300	275	340	300/275**
220	325	400	400	440	400	490	440/400**
330	460	575	460	560	500	630	750/680**
500	630	830	630	760	700	800	1030/940**

\* До черты — для электрооборудования с нормальной изоляцией, за чертой — с облегченной изоляцией. Электрооборудование с облегченной изоляцией применяют в установках, не подверженных воздействию грозовых перенапряжений, или в установках, в которых грозовые перенапряжения не превышают амплитудного значения одноминутного  $U_{исп}$ .

\*\* До черты — для газонаполненных выключателей, после черты — для МВ.

$U_{исп}$  при плавном подъеме

Класс напряжения электрооборудования, кВ	внутренней изоляции	внешней изоляции							
		в сухом состоянии						под дождем	
	Между контактами одного и того же полюса газонаполненных выключателей	Силовые тр-ры, шунтирующие и дугогасящие реакторы		Электромагнитные ТН, ТТ, токоограничивающие и дугогасящие реакторы, аппараты и конденсаторы связи	Изоляторы, испытываемые отдельно	Между контактами одного и того же полюса		Электромагнитные ТН, ТТ, аппараты, конденсаторы связи и изоляторы категории размещения I	Между контактами одного и того же полюса выключателей категории размещения I
		относительно земли	между фазами			выключателей	разъединителей, предохранителей при вынужденном патроне		
3*	—	26/15	—	26/15	27/15	26	28/18	20/10	20
6*	—	34/23	—	34/23	36/23	34	40/27	26/18	26
10*	—	45/35	—	45/35	47/35	45	53/42	34/28	34
15*	—	60/53	—	60/53	63/53	60	70/62	45/42	45
20*	65	70/70	—	70/70	75/70	70	85/85	55/55	55
24	—	80	—	80	85	80	100	65	65
27	—	90	—	90	95	90	110	70	70
35	95	105	—	105	110	105	130	85	85
110	230	280	—	280	295	280	355	215	215
150	300	320	415	355	375	355	460	290	290
220	440	465	600	520	550	520	675	425	425
330	750	670	875	670	770	890	890	550	730
500	1030	900	1250	900	900	1225	1225	740	1000

# ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ (ПО ГОСТ 1845-59)

Точность (классы): 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4.

Исполнение в зависимости от условий эксплуатации:

Группа А — приборы, предназначенные для работы в закрытых сухих отапливаемых помещениях при  $t$  от  $+10$  до  $+35^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности до 80% (при  $+30^{\circ}\text{C}$ ).

Группа Б — то же для работы в закрытых неотапливаемых помещениях при  $t$  от  $-30$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  при относительной влажности до 90% (при  $+30^{\circ}\text{C}$ ).

Группа В ( $B_1$ ,  $B_2$  и  $B_3$ ) — то же для работы в полевых или морских, а также передвижных установках при  $t$  (для  $B_2$ ) от  $-50$  до  $+60^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности до 95% (при  $+35^{\circ}\text{C}$ ).

По условиям механических воздействий при эксплуатации приборы разделяются на: а) обыкновенные (О); б) обыкновенные с повышенной точностью (ОП); в) устойчивые к механическим воздействиям — тряскопрочные (ТП), вибропрочные (ВП), нечувствительные к тряске (ТН) (тряскоустойчивые), нечувствительные к вибрации (вибрационноустойчивые) (ВН), ударопрочные (УП).

## Классификация приборов по размеру корпусов

Наименование по размеру корпуса	Наибольший размер лицевой части прибора, мм		
	показывающего		самопишущего
	щитового	переносного	
Миниатюрные	До 50	До 75	До 100
Малого габарита	Св. 50 до 100	Св. 75 до 150	Св. 100 до 200
Среднего габарита	Св. 100 до 200	Св. 150 до 300	Св. 200 до 400
Большого габарита	Св. 200	Св. 300	Св. 400

## Испытательные напряжения приборов. (сикусидальные, 50 Гц, в течение 1 мин)

$U_n$ прибора или сети	Действующее $U_{испыт}$ , кВ	
	при нормальной влажности	при повышенной влажности
До 40 В	0,5	0,5
Св. 40 до 660 В	2	1,5
» 600 до 1000 В	3	2
» 1 до 2 кВ	5	3,5
» 2 » 7 кВ	$2U+1$	$1,5U+0,5$
» 7 » 27 кВ	$2U+1-0,2U^2$	$1,5U+0,5-0,1U^2$
» 27 кВ	1,5U	1,25U
Для приборов, предназначенных для включения через измерительные трансформаторы	2	1,5

**Допустимое превышение температуры элементов прибора или вспомогательной части над температурой окружающего воздуха**

Элементы прибора или вспомогательной части	Допустимое превышение температуры, °С, для приборов групп			
	А	Б	В	
			В <sub>1</sub>	В <sub>2</sub> и В <sub>3</sub>
Обмотки из проводов с изоляцией класса У	55	50	40	30
То же класса А	70	65	55	45
» » » Е	85	80	70	60
» » » В	95	90	80	70
» » » F	120	115	105	95
» » » Н	145	140	130	120
Токоведущие части и элементы сопротивления неизолированные	120	120	120	120
Элементы сопротивлений шунтов классов 0,5 и I с I <sub>н</sub> выше 1000 А, а также U <sub>н</sub> 100 мВ и больше	150	150	150	150
Металлические части, соприкасающиеся с обмотками	То же, что для соответствующих обмоток 1/3 разности температуры плавления припоя и наибольшей температуры окружающего воздуха, но не больше 150°С			
Металлические части в месте спая припоем				

**Периодичность поверки электроизмерительных приборов**

В соответствии с требованиями ПТЭ поверки проводятся не реже 1 раза в следующие сроки:

Щитовые приборы генераторов, блоков, трансформаторов связи, отходящих от эл. станций ВЛ 220 кВ и выше, а также переносные приборы . . . . .	2—3 года
Остальные щитовые приборы . . . . .	5—6 лет
Расчетные счетчики эл. станций и межсистемных связей . . . . .	1 год
Технические счетчики эл. станций и сетей . . . . .	4 года
Эл. преобразователи, приборы системы вызывных измерений и телеизмерений . . . . .	1 год

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

**Учет эл. энергии**

*Активная*

*Реактивная*

1. Выработанная генераторами ЭС

2. Потребленная на с. н. и хозяйственные нужды (раздельно) ЭС и подстанций

2. Выработанная СК энергосистемы или батареями конденсаторов

3. Отпущенная потребителям по линиям, отходящим от шин ЭС непосредственно к потребителям

3. Полученная энергосистемой или переданная в другие энергосистемы

4. Переданная в другие энергосистемы или полученная от них

4. Полученная от энергосистемы промышленными и сравненными к ним предприятиями и выработанная компенсирующими установками этих предприятий

5. Отпущенная потребителям из эл. сетей

**Измерение перем. тока**

1. В цепях всех напряжений, где оно необходимо для систематического контроля технологического процесса.
2. В цепях выше 1000 В, если тр-ры тока необходимы также для других целей.
3. В цепях до 1000 В для измерения общего тока независимо от числа присоединенных эл. приемников; измерение тока каждого отдельного эл. приемника допускается в зависимости от его назначения и ответственности.

**Измерение пост. тока**

1. В цепях г-ров пост. тока и силовых выпрямителей.
2. В цепях АБ, зарядных, подзарядных и разрядных устройств.
3. В цепях возбуждения СГ, СК и эл. дв. с регулируемым возбуждением, а также в случаях, когда это необходимо по условиям контроля за ходом технологического процесса.

**Измерение напряжения и контроль изоляции**

1. На всех секциях сборных шин всех напряжений как пост., так и перем. тока, которые могут работать раздельно, допускается установка одного вольтметра с переключением на несколько точек измерений. На подстанциях напряжение можно измерять только на стороне НН, если установка тр-ров напряжения на стороне ВН не требуется для других целей.
  2. В цепях г-ров как пост., так и перем. тока СК, а также в отдельных случаях в цепях крупных агрегатов специального назначения.
  3. В цепях возбуждения синхронных машин от 1000 кВ·А и более, не имеющих глухого присоединения цепей возбуждения.
  4. В цепях АБ и зарядных и подзарядных устройств.
  5. В цепях дугогасящих катушек.
- Регистрация значения одного междуфазного напряжения должна производиться на сборных шинах РУ: ЭС и подстанций, являющихся контрольными точками, по напряжению которых ведется режим энергосистем; узловых подстанций 110 кВ и выше, от которых отходят межсистемные ВЛ и линии с двусторонним питанием.
- Устройство контроля изоляции — в сетях выше 1000 В с малыми токами замыкания на землю, в сетях до 1000 В с изолированной ней-

трагью и в сетях пост. тока с изолированными полюсами или с изолированной средней точкой.

### Измерение мощности

1. Г-ров — активной и реактивной.
2. ЭС 200 МВт и более — суммарной активной.
3. Конденсаторных батарей 25 Мвар и более и СК — реактивной.
4. Тр-ров и линий, питающих с.н. 6 кВ и выше ТЭС, — активной.
5. Повышающих двухобмоточных тр-ров ЭС — активной и реактивной. В цепях повышающих трехобмоточных тр-ров (или автотр-ров с использованием третичной обмотки) измерение активной и реактивной мощности должно производиться со стороны СН и НН.
6. На понижающих тр-рах 220 кВ и выше — активной и реактивной, 110—150 кВ — активной.
7. На линиях с двусторонним питанием 110 кВ и выше, а также на обходных выключателях — активной и реактивной.

### Измерение частоты

1. На каждом г-ре блочной ЭС или каждой секции шин генераторного напряжения.
2. На каждой системе шин ВН ЭС с распределением энергии на ВН.
3. В точках возможного деления энергосистемы на несинхронно работающие части.

### ОБОЗНАЧЕНИЯ ФАЗ В ТРЕХФАЗНОЙ СИСТЕМЕ

Порядковый номер фазы в трехфазной системе	Буквенное обозначение фазы	Условный цвет фазы	Обозначение выводов тр-ров, реакторов		Обозначение выводов статора трехфазных машин		Обозначение выводов ротора асинхронных машин
			Начало обмотки	Конец обмотки	Начало обмотки	Конец обмотки	
1	A (Ж)	Желтый	A, A <sub>m</sub> , a	X, X <sub>m</sub> , x	C1	C4	P1
2	B (З)	Зеленый	B, B <sub>m</sub> , b	Y, Y <sub>m</sub> , y	C2	C5	P2
3	C (К)	Красный	C, C <sub>m</sub> , c	Z, Z <sub>m</sub> , z	C3	C6	P3

Вывод от нулевой точки при соединении обмоток звездой обозначается знаком 0.

Нулевые шины окрашиваются при изолированной нейтрали в голубой, а при заземленной нейтрали в зелено-желтый (двухцветный) цвет.

При однофазном токе проводник, присоединяемый к началу обмотки источника питания, желтый, к концу обмотки — красный.

При постоянном токе положительная шина (+) красного, отрицательная (—) — синего и нейтральная — белого цвета.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

### Общие технические требования (по ГОСТ 183-74)

Номинальные данные эл. машин ( $P$ ,  $U$ ,  $I$ ,  $n$ ,  $\eta$ ,  $\cos \phi$  и др. величины), характеризующие работу машин, следует относить к работе машин на высоте до 1000 м над уровнем моря, при температуре газообразной охлаждающей среды  $+40^\circ\text{C}$  и охлаждающей воды  $+30^\circ\text{C}$ , если в стандартах или ТУ не установлена другая  $t$  охлаждающей среды, но не  $> 33^\circ\text{C}$ .

Номинальные режимы работы эл. машин:

- а) Продолжительный (S1).
  - б) Кратковременный (S2) с длительностью периода неизменной номинальной нагрузки 10; 30; 60; 90 мин.
  - в) Повторно-кратковременный (S3) с длительностью включения (ПВ) 15; 25; 40; 60%; продолжительность одного цикла 10 мин.
  - г) Повторно-кратковременный с частыми пусками (S4) с ПВ 15; 25; 40 и 60%, числом включений в час 30; 60; 120; 240 при коэффициенте инерции  $FI$  1,2; 1,6; 2; 2,5; 4; 6,3 и 10.
  - д) Повторно-кратковременный с частыми пусками и эл. торможением (S5) с ПВ 15; 25; 40 и 60%, числом включений в час 30; 60; 120; 240 при  $FI$  1,2; 1,6; 2; 2,5 и 4.
  - е) Перемежающийся (S6) с продолжительностью нагрузки (НП) 15; 25; 40 и 60%; продолжительность одного цикла 10 мин.
  - ж) Перемежающийся с частыми реверсами при эл. торможении (S7) с числом реверсов в час 30; 60; 120 и 240 при  $FI$  1,2; 1,6; 2; 2,5 и 4.
  - з) Перемежающийся с двумя или более частотами вращения (S8) с числом циклов в час 30; 60; 120 и 240 при  $FI$  1,2; 1,6; 2; 2,5 и 4.
- Г-ры пост. тока и СК при  $n_n$ , а г-ры перем. тока, кроме того, и при  $\cos \phi_n$  должны развивать  $P_n$  при отклонении  $U$  от  $U_n$  на  $\pm 5\%$ . Мощность  $P_n$  г-ров и СК при отклонении  $U$  от  $U_n$  более чем на 5% (но не более чем на  $\pm 10\%$ ) д. б. по требованию потребителя указана предприятием-изготовителем.

Эл. дв. должны сохранять  $P_n$  (в технически обоснованных случаях  $M_n$ ) при отклонении  $U$  сети от  $U_n$  в пределах от  $-5$  до  $+10\%$ .

Г-ры и эл. дв. перем. тока должны сохранять  $P_n$  при отклонении  $f$  на  $\pm 2,5\% f_n$ .

Эл. дв. перем. тока при одновременном отклонении  $U$  и  $f$  от  $U_n$  и  $f_n$  должны сохранять  $P_n$ , если сумма абсолютных процентных значений этих отклонений не превосходит 10% и каждое из отклонений не превышает нормы.

Превышения  $t$  активных частей машины, кроме турбог-ров, возникающие при вышеуказанных отклонениях  $U$  и  $f$  от  $U_n$  и  $f_n$ , при условии непрерывной работы, м.б. выше значений, указанных в таблице на стр. 168, но не более чем на  $10^\circ\text{C}$  для машин до 1000 кВт (кВ·А),  $5^\circ\text{C}$  для машин свыше 1000 кВт (кВ·А).

Эл. машины должны без повреждений и остаточных деформаций выдерживать следующие перегрузки по току:

машины пост. тока (кроме возбудителей с отношением  $U_{\text{пред}}/U_n$  возбуждения более 1,6) и коллекторные машины перем. тока  $1,5I_n$  в течение 1 мин;

возбудители с отношением  $U_{\text{пред}}/U_n$  возбуждения более (1,6—2)  $I_n$  в течение 1 мин; при использовании данного типа возбудителя для нескольких типов машин с различными токами возбуждения за  $I_n$  возбуждения принимают наибольший из этих токов;

**Предельные допускаемые превышения температуры частей эл. машин  
при температуре газообразной охлаждающей среды +40°C  
и высоте над уровнем моря не более 1000 м (по ГОСТ 183-74)**

Части электрических машин	Изоляционный материал классов по ГОСТ 8865-70														
	А			Е			В			F			H		
	Предельные длительно допускаемые превышения температуры, °C, при измерении														
	методом термометра (t)	методом сопротивления (R)	методом температурных индукторов, уложенных в паз (ТИ)	методом t	методом R	методом ТИ	методом t	методом R	методом ТИ	методом t	методом R	методом ТИ	методом t	методом R	методом ТИ
1. Обмотки перем. тока машины 5000 кВ·А и выше или с длиной сердечника 1 м и более	—	60	60	—	70	70	—	80	80	—	100	100	—	125	125
2. Обмотки:															
а) обмотки перем. тока машин менее 5000 кВ·А или с длиной сердечника менее 1 м															
б) обмотки возбуждения машин пост. и перем. тока с возбуждением пост. током, кроме указанных в пп. 3—5 настоящей таблицы	50	60	—	65	75	—	70	80	—	85	100	—	105	125	—
в) якорные обмотки, соединенные с коллектором															
3. Обмотки возбуждения неявнополюсных машин с возбуждением пост. током	—	—	—	—	—	—	—	90	—	—	110	—	—	135	—
4. Однорядные обмотки возбуждения с оголенными поверхностями	65	65	—	80	80	—	90	90	—	110	110	—	135	135	—
5. Обмотки возбуждения малого сопротивления, имеющие несколько слоев и компенсационные обмотки	60	60	—	75	75	—	80	80	—	100	100	—	125	125	—
6. Изолированные обмотки, непрерывно замкнутые на себя	60	—	—	75	—	—	80	—	—	100	—	—	125	—	—
7. Неизолированные обмотки, непрерывно замкнутые на себя															
8. Сердечники и другие стальные части, не соприкасающиеся с обмотками															
9. Сердечники и другие стальные части, соприкасающиеся с изолированными обмотками	60	—	60	75	—	75	80	—	80	100	—	100	125	—	125
10. Коллекторы и контактные кольца, незащищенные и защищенные	60	—	—	70	—	—	80	—	—	90	—	—	100	—	—

Примечания: 1. Для стержневых обмоток роторов асинхронных машин допускается по согласованию с заказчиком иметь превышения t по п. 4.  
2. Превышения t, указанные в п. 9, не должны превосходить допускаемых значений для соприкасающихся обмоток.

бесколлекторные машины перем. тока 0,5 кВт и выше, кроме машин с непосредственным охлаждением, —  $1,5I_n$  в течение 2 мин;

бесколлекторные машины перем. тока с непосредственным охлаждением обмоток —  $1,5I_n$  в течение 1 мин.

турбог-ры с косвенным охлаждением обмоток статора —  $1,5I_n$  в течение 2 мин;

турбог-ры с непосредственным охлаждением обмотки статора —  $1,5I_n$  в течение 1 мин;

эл. дв. малой мощности — по ГОСТ 16264-70.

Все эл. машины должны без повреждений и остаточных деформаций выдерживать в течение 2 мин следующее повышение частоты вращения:

а) эл. дв. с последовательным возбуждением пост. и перем. тока — на 20% сверх наибольшей, указанной на щитке эл. дв., но не менее чем на 50%  $n_n$ ;

б) эл. дв. с регулировкой частоты вращения — на 20% сверх наибольшей, указанной на щитке эл. дв.

Предельное допускаемое превышение  $t$  частей эл. машин, предназначенных для продолжительного, повторно-кратковременного и перемежающегося номинальных режимов работы, должно соответствовать значениям, указанным в табл. на стр. 168 и 276.

Предельное допускаемое превышение  $t$  частей эл. машин при  $t$  газообразной охлаждающей среды 40°C и высоте над уровнем моря не более 1000 м — см. табл. на стр. 168.

Для обмоток статора машин перем. тока с воздушным охлаждением выше 11 000 В предельные допускаемые превышения  $t$  д. б. снижены на каждые 1000 В (полные или неполные) сверх 11 000 В на 1,5°C при измерении термометром; в машинах выше 11 000 до 17 000 В на 1°C при измерении температурным индикатором и в машинах свыше 17 000 В дополнительно на 0,5°C при измерении температурным индикатором.

Для турбог-ров с косвенным охлаждением обмоток на  $U_n > 11 000$  В до 17 000 В предельные допускаемые превышения  $t$  при измерении термометром или температурным индикатором д. б. снижены на каждые 1000 В (полные или неполные) сверх 11 000 В на 1°C, а сверх 17 000 В — соответственно на 0,5°C.

Температура подшипников не должна превышать: для подшипников скольжения 80°C ( $t$  масла при этом не д. б. более 65°C); для подшипников качения 100°C.

Эл. прочность изоляции обмоток эл. машин.

Каждая эл. машина должна выдерживать без повреждений изоляции:

а) испытание эл. прочности изоляции относительно корпуса машины и между обмотками;

б) испытание эл. прочности междувитковой изоляции обмоток.

Если эл. машину испытывают на нагревание, то испытание на эл. прочность изоляции проводят непосредственно вслед за испытанием на нагревание.

Изоляция обмоток относительно корпуса машины и между обмотками должна выдерживать без повреждений в течение 1 мин испытательное напряжение 50 Гц, практически синусоидальное, указанное в табл. на стр. 171. Изоляция обмоток относительно корпуса и между обмотками (фазами) эл. машин, уложенных полностью или частично (гидрог-ры) на месте установки, должна выдерживать в течение 1 мин  $U_{исп}$ , равное 100% указанного в табл. на стр. 171.

Все эл. машины независимо от того, подвергалась ли на предприятии-изготовителе их изоляция испытанию напряжением, указанным в таблице, в собранном виде или отдельными частями, должны в собранном виде (после их установки перед сдачей в эксплуатацию) выдерживать в течение 1 мин испытание изоляции напряжением, равным  $0,8 U_{исп}$ , указанного в таблице. Это испытание на месте установки является обязательным для турбог-ров и СК; для остальных машин такое испытание проводится по усмотрению заказчика.

Испытаниям повышенным напряжением должны предшествовать проверка сопротивления изоляции обмоток и сушка, если это необходимо.

Для машин до 15 кВт на  $U_n$  до 660 В при массовом выпуске на конвейере при приемо-сдаточных испытаниях допускается заменять указанное выше испытание испытанием в течение 1 с при  $U$ , повышенном на 20% против указанного в табл. на стр. 171.

Электрическая прочность изоляции обмоток

Эл. машина или ее части	$U_{испыт}$ (действующее значение)
1. Машины менее 1 кВт (или 1 кВ·А) на $U_n$ ниже 100 В, за исключением указанных в пп. 4—8 настоящей таблицы	500 В плюс двукратное $U_n$
2. Машины от 1 кВт (или 1 кВ·А) и выше на $U_n$ ниже 100 В, за исключением указанных в п. 8	1000 В плюс двукратное $U_n$
3. Машины: а) до 1000 кВт (или 1000 кВ·А), за исключением перечисленных в пп. 1, 2 и 4—8 настоящей таблицы б) от 1000 кВт (или 1000 кВ·А) и выше, за исключением указанных в пп. 4—8 на $U_n$ :	1000 В плюс двукратное $U_n$ , но не менее 1500 В
до 3300 В включительно	1000 В плюс двукратное $U_n$
свыше 3300 до 6000 В включительно	2,5-кратное $U_n$
свыше 6600 до 17 000 В	3000 В плюс двукратное $U_n$
свыше 17 000 В по согласованию между изготовителем и потребителем	
4. Обмотки возбуждения машин пост. тока с независимым возбуждением	1000 В плюс двукратное $U_n$ , но не менее 1500 В

Эл. машина или ее части

5. Обмотки возбуждения СМ:  
 а) СГ, эл. дв. и СК: пускаемые специальными пусковыми двигателями  
 б) машины, предназначенные для непосредственного пуска с обмоткой возбуждения, замкнутой на сопротивление, не превышающее десятикратного сопротивления обмотки возбуждения при пост. токе, или на источник своего питания  
 в) машины, предназначенные для пуска с обмоткой возбуждения, замкнутой на сопротивление, значение которого равно или более 10-кратного сопротивления обмотки или с разомкнутой обмоткой возбуждения независимо от того, секционирована она или нет

6. Вторичные обмотки асинхронных эл. дв., не находящиеся непрерывно в к. з. состоянии:  
 а) для эл. дв., допускающих торможение противовключением  
 б) для эл. дв., не предназначенных для торможения противовключением

7. Возбудители (за исключением указанных ниже). Возбудители СД (к ним относятся и синхронизированные асинхронные дв.), если во время пуска они заземлены или отключены от обмоток возбуждения. Обмотки возбуждения возбудителей с независимым возбуждением

8. Собранные в группы эл. машины и аппараты

$U_{испыт}$  (действующее значение)

Десятикратное  $U_n$  возбуждения эл. машины, но не менее 1500 В и не более 3500 В

Десятикратное  $U_n$  возбуждения эл. машины, но не менее 1500 В и не более 3500 В

1000 В плюс двукратное максимальное действующее  $U$ , которое можно получить при данных пусковых условиях между выводами обмотки возбуждения (между выводами любой секции), но не менее 1500 В

1000 В плюс четырехкратное  $U_n$  вторичной обмотки

1000 В плюс двукратное  $U_n$  вторичной обмотки

Как для обмоток, к которым присоединяются возбудители: 1000 В плюс двукратное  $U_n$  возбудителя, но не менее 1500 В

Если испытанию подвергается группа, собранная из нескольких новых только что установленных и соединенных вместе эл. машин и аппаратов, из которых каждая машина и каждый аппарат проходили испытание на эл. прочность, то  $U_{исп}$  не должно превышать 85%  $U_{исп}$  той машины (или того аппарата), у которой это напряжение наименьшее

Изоляция обмотки между смежными ее витками должна выдерживать в течение 3 мин испытание повышенным напряжением. Это испытание проводят при х. х. эл. машины путем повышения подводимого (при испытании в режиме эл. дв.) или генерируемого (при испытании в режиме г-ра) напряжения на 30% сверх  $U_n$ .

Для турбо-ров изоляция обмотки между смежными ее витками должна выдерживать повышение  $U$  на 30% сверх  $U_n$  турбо-ра в течение 5 мин.

Для эл. машин пост. тока с числом полюсов более четырех повышение напряжения при испытании не д. б. больше значения, при котором среднее напряжение между смежными коллекторными пластинами получается равным 24 В.

Для трехфазных асинхронных дв. с фазным ротором испытание обмотки ротора следует проводить при неподвижном и разомкнутом роторе.

Искрение на коллекторе эл. машины должно оцениваться по степени искрения под сбегавшим краем щетки по шкале, указанной в таблице на стр. 173. Если степень искрения коллекторных машин пост. тока не оговорена, то она при номинальном режиме работы д. б. не выше  $1\frac{1}{2}$ .

Классы коммутации

Степень искрения (класс коммутации)	Характеристика степени искрения	Состояние коллектора и щеток
1	Отсутствие искрения (темная коммутация)	Отсутствие почернения на коллекторе и следов нагара на щетках
$1\frac{1}{4}$	Слабое искрение под небольшой частью края щетки	Появление следов почернения на коллекторе и следов нагара на щетках, легко устраняемых протираемостью поверхности коллектора бензином
$1\frac{1}{2}$	Слабое искрение под большей частью края щетки	Появление следов почернения на коллекторе и следов нагара на щетках, не устраняемых протираемостью поверхности коллектора бензином
2	Искрение под всем краем щетки. Допускается только при кратковременных толчках нагрузки и перегрузке	Появление следов почернения на коллекторе и следов нагара на щетках, не устраняемых протираемостью поверхности коллектора бензином
3	Значительное искрение под всем краем щетки с появлением крупных и вылетающих искр. Допускается только для моментов прямого включения или реверсирования машин, если при этом коллектор и щетки остаются в состоянии, пригодном для дальнейшей работы	Значительное почернение на коллекторе, не устраняемое протираемостью поверхности коллектора бензином, а также подгар и частичное разрушение щеток

Проверка состояния коллектора и щеток должна производиться:

а) для машин, предназначенных для продолжительного номинального режима работы ( $S1$ ), — по истечении времени, необходимого для достижения практически установившейся температуры машины, но не ранее, чем через: 2 ч после начала работы — для машин до 100 кВт вкл., 4 ч — для машин свыше 100 до 300 кВт вкл., 8 ч — для машин свыше 300 до 1000 кВт вкл. и 16 ч — для машин свыше 1000 кВт;

б) для машин, предназначенных для кратковременного номинального режима работы ( $S2$ ), — после нескольких циклов работы (начиная с ненагретого состояния) общей продолжительностью не менее времени, указанного для продолжительного номинального режима работы;

в) для машин, предназначенных для режимов  $S3, S4, S5, S6, S7$  и  $S8$ , — после такой продолжительности работы в данном режиме, чтобы сумма рабочих циклов была не менее времени, указанного для продолжительного номинального режима работы.

Положение щеток на коллекторе машины, у которой передвижение щеток по коллектору не используется для управления работой машины, д. б. постоянным, установленным и отмеченным постоянной меткой предприятием — изготовителем машины.

Номинальный  $\cos \phi_{CM}$  при 50 Гц; для СГ — 0,8 (при отстающем токе); для синхронных эл. дв. — 0,9 (при опережающем токе).

При несимметричной нагрузке трехфазных СГ и СК допускается длительная работа их, если токи в фазах не превышают  $I_n$  и разность токов в фазах:

а) для турбог-ров не превышает 10%  $I_n$  фазы;

б) для всех других СГ и СК с явно выраженными полюсами не превышает 20%  $I_n$  фазы.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой линейного напряжения при х. х. и  $U_n$  для трехфазных г-ров перем. тока 50 Гц д. б.: для г-ров свыше 100 кВ·А — не более 5%, а для г-ров от 10 до 100 кВ·А не более 10%.

При соединении обмотки статора г-ра в треугольник при  $S_n$  ток третьей гармоники не должен превышать 20%  $I_n$  г-ра.

Многофазные эл. дв. перем. тока должны отдавать  $P_n$  при работе от сети с  $U$ , содержащим составляющие обратной последовательности, не превышающие 2% составляющих прямой последовательности.

Скорость нарастания  $U$  возбудителя СГ и СК в режиме форсировки (в долях  $U_n$  возбуждения в 1 с) д. б.:

для турбог-ров — по ГОСТ 533-76 (не менее 2  $U_n$  на контактных кольцах турбог-ра); для СК — по ГОСТ 609-75 (не менее 2  $U_n$  на контактных кольцах СК), а для всех других СГ — не менее 0,8  $U_n$  возбуждения.

Кратность предельного установившегося напряжения  $U_{уст}$  возбудителей СМ. Отношение верхнего предела (потолка) напряжения возбудителя, присоединенного к обмотке возбуждения СМ, к  $U_n$  возбуждения СМ (кратность форсировки) д. б.: для турбог-ров — по ГОСТ 533-76 (не менее 2), для СК — по ГОСТ 609-75 (не менее 2), а для всех других СМ, не имеющих системы автоматического регулирования, — не менее 1,4.

СМ должны выдерживать ударный ток к. з. при напряжении х. х. равном 105%  $U_n$ .

Кратность  $M_{\max}/M_n$  для синхронных эл. дв. на 50 Гц и при номинальном значении  $U$  и  $I$  возбуждения и соединении обмоток соот-

ветственно номинальному режиму работы эл. дв. д. б. не ниже 1,65, а при наличии быстродействующей системы возбуждения — не ниже 1,5.

$M_{\text{нач}}/M_n$  у трехфазных синхронных эл. дв. с к. з. ротором равняется:

а) от 1 до 2 при  $P_n$  от 0,6 до 100 кВт и  $n_n$  750—3000 об/мин в зависимости от  $P_n, n_n$  и исполнения эл. дв.;

б) от 0,7 до 1 при  $P_n$  от 100 до 1000 кВт и  $n_n$  500—3000 об/мин в зависимости от  $P_n$  и  $n_n$ .

$M_{\text{мин}}/M_n$  у трехфазных асинхронных эл. дв. с к. з. ротором равняется:

а) не менее 0,8 при  $P_n$  от 0,6 до 100 кВт;

б) не ниже 0,6  $M_{\text{нач}}$ , но не ниже 0,8  $M_n$  при  $P_n$  от 100 до 1000 кВт для всех эл. дв., кроме двухполюсных  $P_n$  свыше 300 кВт, и не ниже 0,8  $M_{\text{нач}}$ , но не ниже 0,6  $M_n$  для двухполюсных эл. дв.  $P_n$  от 300 до 1000 кВт;

в) не ниже 1  $M_n$  для всех эл. дв. с  $P_n$  свыше 1000 кВт, кроме двухполюсных, и не ниже 0,7  $M_n$  для двухполюсных эл. дв.  $P_n$  свыше 1000 кВт.

$M_{\text{макс}}/M_n$  у трехфазных эл. дв. равняется:

а) от 1,7 до 2,2 в зависимости от  $n_n$  у эл. дв.  $P_n$  от 0,6 до 100 кВт с к. з. ротором (защищенного или закрытого обдуваемого исполнения) и с фазным ротором (защищенного исполнения);

б) от 1,7 до 2,2 в зависимости от  $n_n$  у эл. дв.  $P_n$  от 100 до 1000 кВт (с к. з. ротором или с фазным ротором);

в) от 1,8 до 2,1 в зависимости от  $n_n$  у эл. дв.  $P_n$  свыше 1000 кВт (с к. з. или с фазным ротором).

$I_{\text{пуск}}/I_n$  у трехфазных асинхронных эл. дв. с к. з. ротором равняется: от 5,5 до 7 в зависимости от  $P_n$  и  $n_n$  при  $P_n$  от 0,6 до 1000 кВт и не регламентировано при  $P_n$  свыше 1000 кВт.

#### Допустимые уровни шума вращающихся электрических машин (по ГОСТ 16372-70)

Допустимые значения средних уровней звука А на расстоянии 1 м от контура машины для эл. машин класса I в режиме х. х.

$P_n$ , кВт (кВ·А)	Среднее значение уровня звука А, дБ, эл. машин с $n_n$ , об/мин				
	до 1000	св. 1000 до 1500	св. 1500 до 2200	св. 2200 до 3000	св. 3000 до 4000
От 0,25 до 1,5	64	68	70	71	75
Св. 1,50 до 4	67	72	74	76	80
Св. 4 до 15	74	78	82	85	89
Св. 15 до 45	80	85	87	89	93
Св. 45 до 132	85	92	95	97	100
Св. 132 до 400	90*	96*	98*	100*	104*
Св. 400 до 1000	94*	100*	103*	105*	109*

\* Указанные значения являются факультативными.

**Класс 0** — машины кратковременного и повторно-кратковременного режима S2 — S8, машины с принудительным охлаждением от постороннего вентилятора, машины облегченной массы, многополосные машины, некоторые типы однофазных и индукторных г-ров, сварочные г-ры и преобразователи, многоскоростные асинхронные машины, эл. дв. с повышенным скольжением или с повышенным пусковым моментом и т. д.

**Класс 1** — машины нормального исполнения пост. тока, перемен. тока — асинхронные, синхронные, коллекторные.

**Класс 2** — машины с малозумными подшипниками, со специальными малозумными вентиляторами и т. п.

**Класс 3** — машины с пониженным использованием активных материалов, закрытые (с водяным или естественным охлаждением), с глушителями вентиляционного шума.

**Класс 4** — машины со звукоизолирующим кожухом или др. существенными изменениями конструкции, выполненными с целью снижения шума.

### ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ДО 1000 В

#### Оболочки. Степени защиты (по ГОСТ 14254-69)

Характеристики степеней защиты персонала от соприкосновения с токоведущими или движущимися частями, находящимися внутри оболочки, а также степеней защиты встроенного в оболочку оборудования от попадания твердых посторонних тел.

#### Защита от соприкосновения и попадания твердых тел

Первая цифра после буквы Р	Степени защиты
0	Отсутствие защиты: <i>персонала</i> — от возможности соприкосновения с токоведущими или движущимися частями внутри оболочки; <i>оборудования</i> — от попадания твердых посторонних тел
1	Защита: <i>персонала</i> — от случайного соприкосновения большого участка человеческого тела с токоведущими или движущимися частями внутри оболочки. Отсутствует защита от преднамеренного доступа к этим частям; <i>оборудования</i> — от попадания крупных твердых посторонних тел $\varnothing \geq 52,5$ мм

Первая цифра после буквы Р	Степени защиты
2	Защита: <i>персонала</i> — от возможности соприкосновения пальцев с токоведущими или движущимися частями внутри оболочки; <i>оборудования</i> — от попадания твердых посторонних тел $\varnothing \geq 12,5$ мм
3	Защита: <i>персонала</i> — от соприкосновения инструмента, проволоки или др. подобных предметов, толщина которых $\geq 2,5$ мм, с токоведущими или движущимися частями внутри оболочки; <i>оборудования</i> — от попадания мелких твердых посторонних тел размером $\geq 2,5$ мм
4	Защита: <i>персонала</i> — та же, что и для степени 3, но толщиной $\geq 1$ мм; <i>оборудования</i> — то же, что и для степени 3, но размером $\geq 1$ мм
5	Защита: <i>персонала</i> — полная защита от соприкосновения с токоведущими или движущимися частями, находящимися внутри оболочки; <i>оборудования</i> — полная защита от вредных отложений пыли
6	Защита: <i>персонала</i> — полная защита от соприкосновения с токоведущими или движущимися частями, находящимися внутри оболочки; <i>оборудования</i> — полная защита от попадания пыли

Защита от проникновении воды	
Вторая цифра после буквы Р	Степени защиты
0	Защита отсутствует
1	Защита от капель сконденсировавшейся воды: капли сконденсировавшейся воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного действия на оборудование, помещенное в оболочку
2	Защита от капель воды: капли воды, падающие на оболочку, наклоненную под углом не более $15^\circ$ к вертикали, не должны оказывать вредного действия на оборудование, помещенное в оболочку

Вторая цифра после буквы Р	Степени защиты
3	Защита от дожди: дождь, падающий на оболочку, наклоненную под углом 60° к вертикали, не должен оказывать вредного действия на оборудование, помещенное в оболочку
4	Защита от брызг: брызги воды любого направления, попадающие на оболочку, не должны оказывать вредного действия на оборудование, помещенное в оболочку
5	Защита от водяных струй: вода, выбрасываемая через наконечник на оболочку в любом направлении, при оговоренных условиях не должна оказывать вредного воздействия на оборудование, помещенное в оболочку
6	Защита от воздействий, характерных для палубы корабля (включая палубное водонепроницаемое оборудование): при захлестывании морской волной вода не должна попадать в оболочку в определенных оговоренных условиях
7	Защита при погружении в воду: вода не должна проникать в оболочку при определенных, оговоренных давлении и времени
8	Защита при неограниченно длительном погружении в воду под определенным обусловленным давлением: вода не должна проникать внутрь оболочки

Степени защиты для отдельных видов электрооборудования (электротехнических устройств):

- открытое — IP00<sup>1</sup>;
- защищенное (от прикосновения и попадания посторонних предметов): IP10, IP20, IP30, IP40, IP11, IP21, IP31, IP41, IP12, IP22, IP32, IP42, IP13, IP23, IP33, IP43, IP34, IP44;
- водозащищенное — IP55, IP65, IP56, IP66;
- брызгозащищенное — IP34, IP44, IP54;
- каплезащищенное — IP01, IP11, IP21, IP31, IP41, IP51, IP12, IP22, IP32, IP42, IP13, IP23, IP33, IP43;
- пылезащищенное — IP50, IP51, IP54, IP55, IP65, IP56, IP66, IP67, IP68;
- герметичное — IP60, IP65, IP66, IP67, IP68; водо-, пыле-, газонепроницаемое.

<sup>1</sup> IP — первые буквы; International Protection.

# Предпочтительные степени защиты электрооборудования (электротехнических устройств)

Степени защиты от соприкосновения и попадания посторонних тел	Степени защиты от проникновения воды								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Условные обозначения степеней защиты аппаратов								
0	IP00	IP01 *	—	—	—	—	—	—	—
1	IP10	IP11	IP12	IP13	—	—	—	—	—
2	IP20	IP21	IP22	IP23	—	—	—	—	—
3	IP30	IP31	IP32	IP33	IP34	—	—	—	—
4	IP40	IP41	IP42	IP43	IP44	—	—	—	—
5	IP50	IP51	—	—	IP54	IP55	IP56	—	—
6	IP60	—	—	—	—	IP65	IP66	IP67	IP68

\* Для аппаратов не применяется.

## Щетки для электрических машин

Щетки	Марка	Плотность тока, А/см <sup>2</sup>	$v_{\text{макс}}$ окружная, м/с	Удельное нажатие, Н/см <sup>2</sup>	Твердость, МПа	Удельное эл. сопротивление, Ом·мм <sup>2</sup> /м	$U$ переход на пару щеток, В	Коэффициент трения	Износ, мм, не более
Угольно-графитные и графитные (для г-ров и эл. дв. с облегченными и средними условиями коммутации)	ГЗ	11	25	2—2,5	80—220	8—20	1,9	0,3	0,5
	Г20.	15	35	2—4	80—240	55—120	4,5	0,17	0,15
	Г21	10	15	3,5—4,5	200—600	150—450	4	0,25	—
	Г2	6	10	2—2,5	180—420	40—57	2	0,1	0,3
Электрографитированные (для г-ров и эл. дв. со средними и затруднительными условиями коммутации и для контактных колец)	ЭГ2А	10	45	2—4	70—220	12—29	2,6	0,23	0,4
	ЭГ4	12	40	1,5—2	20—70	6—16	2	0,25	0,6
	ЭГ74	12	50	1,7—2,5	150—500	35—75	2	0,22	0,4
	ЭГ74К	12	60	1,7—2,7	200—400	35—75	2,6	0,22	—
	ЭГ74АФ	10	27	1,5—2,5	200—500	19—38	2,5	0,22	0,4
ЭГ74Л	15	50	1,7—3,4	—	35—75	2	0,22	—	
Металлографитные (для г-ров НН и контактных колец и коллекторов)	611М	11	40	1,2—2,3	50—120	8—28	2	0,3	0,4
	М1	15	23	1,5—2	80—250	2—5	1,5	0,25	0,18
	М20	12	20	1,5—2	80—250	3—13	1,4	0,26	0,2
	МГ-4	15	20	2—2,5	110—250	0,3—1,3	1,2	0,2	0,3
	МГС0	20	20	1,5—2	60—200	0,1—0,3	0,2	0,25	0,6

## ТУРБОГЕНЕРАТОРЫ

Генераторы электрические паротурбинные двухполюсные  
(турбогенераторы) (по ГОСТ 533-76)

P <sub>н</sub> , кВт	U <sub>н</sub> , кВ	S <sub>н</sub> , кВ · А	cos φ <sub>н</sub>	η <sub>н</sub> , %	
2500 4000	3,15; 6,3	3125 5000	0,8	97 97,3	
6000 12 000 32 000 63 000	6,3; 10,5	7500 15 000 40 000 78 500		97,4 97,5 98,2 98,3	
100 000	10,5	125 000		98,4	
160 000 200 000 300 000 500 000	18 15,75 20 20	188 000 235 000 353 000 588 200		0,85	98,5 98,6 98,7 98,7
800 000 1 200 000 500 000 при n <sub>н</sub> = 1500 об/мин	24 24 20	889 000 1 330 000 588 200		0,90 0,90 0,85	98,7 98,8 98,6

Примечания: 1. n<sub>н</sub> всех СГ кроме оговоренного — 3000 об/мин.

2. Отношение к. з. для всех СГ ≥ 0,4.

3. Переходное индуктивное сопротивление по продольной оси (ненасыщенное значение) ≤ 0,4 для СГ с n<sub>н</sub> = 3000 об/мин и ≤ 0,5 для СГ с n<sub>н</sub> = 1500 об/мин.

4. К. п. д. СГ 32 000 кВт и более указан для водородного, водородно-жидкостного и жидкостного охлаждения.

5. Турбо-ры должны изготавливаться для продолжительного номинального режима работы S1 по ГОСТ 183-74.

Ротор турбо-ра должен выдерживать 2I<sub>н</sub> возбуждения: не менее 50 с для турбо-ров с косвенным охлаждением обмотки ротора; не менее 20 с для турбо-ров с непосредственным охлаждением обмотки ротора; не менее 15 с для турбо-ров 800 000 кВт; 10—15 с для турбо-ров 1 200 000-кВт.

Сопротивление изоляции обмоток турбо-ра r, МОм, относительно его корпуса и сопротивление изоляции между обмотками при расчетной рабочей t турбо-ра определяется по формуле

$$r = \frac{U_n}{1000 + \frac{P_n}{100}}$$

где U<sub>н</sub> — в вольтах, а P<sub>н</sub> — в киловольт-амперах.

Оболочка корпуса и торцевые щиты турбо-ров с водородным охлаждением должны выдерживать в течение 15 мин гидравлическое давление, равное 0,8 МПа.

**В и б р а ц и я** (эффективное значение вибрационной скорости) подшипников турбо-ра и непосредственно соединенного с ним возбуждателя при всех режимах работы, предусмотренных настоящим стандартом, на верхних крышках подшипников в вертикальном направле-

ни и у разъема в поперечном и осевом направлениях не должна быть более 4,5 мм/с для всех типов турбог-ров при любой  $n_{и}$ .

Температура масла, выходящего из подшипников турбог-ра, не должна превышать 65°C,  $t$  вкладыша подшипника — 80°C,  $t$  вкладыша масляных уплотнений — 80°C для торцевых и 90°C для кольцевых.

Срок службы турбог-ров — не менее 25 лет.

### Допустимые температуры для изоляции классов В и F в турбогенераторах

Части турбог-ров или охлаждающая среда	Измерение методом					
	сопротивления (R)	термометров сопротивления, уложенных в паз ( $tR$ )	термометра ( $t$ )	R	$tR$	$t$
				Класс В		• Класс F
$t, ^\circ\text{C}$ , не более						
Охлаждающая жидкость, выходящая из обмоток статора и ротора и сердечника статора	—	—	85	—	—	85
Охлаждающий газ, выходящий из сердечника и обмотки статора при изоляции:						
термореактивной	—	—	110	—	—	130
микалентной компаундированной	—	—	95	—	—	—
Обмотка статора при косвенном или непосредственном охлажденн газом или жидкостью при изоляции:						
термореактивной	—	120	—	—	140	—
микалентной компаундированной	—	105	—	—	—	—
Обмотка ротора:						
а) при косвенном охлаждении	130	—	—	145	—	—
б) при непосредственном охлаждении с выпуском:						
на более чем в 2 зонах	100	—	—	115	—	—
в 3—4 зонах	105	—	—	120	—	—
в 5—7 зонах	110	—	—	125	—	—
в 8 зонах и более по длине ротора	115	—	—	130	—	—
Активная сталь сердечника статора при изоляции обмотки статора:						
термореактивной	—	120	—	—	140	—
микалентной компаундированной	—	105	—	—	—	—

### Турбогенераторы (основные характеристики)

Тип	Индуктивные сопротивления, %					$T_f, c$	$r_a, \text{ Ом}$ (75°C)	$r_f, \text{ Ом}$ (75°C)	Токи возбуждения, А		Возбудитель
	$x_d''$	$x_d'$	$x_d$	$x_2$	$x_0$				$I_{fH}$	$I_{fX}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T2-4-2	11	18,5	177	13,4	5	5,6	0,365	0,336	242	101	BT-50-3000
T2-6-2	12	17	164	14,7	6,7	7,1	0,291	0,409	248	107	BT-50-3000
T2-12-2	11,5	17,5	186	14	5,5	8	0,225	0,694	250	102	BT-75-3000
T2-25-2	13,1	21,6	212	16	5,5	10	0,189	0,409	408	152	BT-120-3000
T2-50-2	12,8	19	173	15,6	5,2	11,6	0,147	0,282	596	258	BT-170-3000
T2-100-2	11,6	18	138	14,2	5,3	11,6	0,098	0,484	580	294	BT-220-3000
ТВ-2-30-2	15,2	25,7	254	18,5	6,7	10	0,226	0,409	468	152	BT-120-3000
ТВС-30	15,2	25,7	252	18,6	7,2	10	—	—	475	153	BT-170-3000
ТВ-50-2	13,5	30	184	16,5	5,6	11,6	—	—	640	258	BT-170-3000
ТВ-60-2	13,2	24,2	220	19,1	6,7	11,7	—	—	717	255	BT-170-3000
ТВ2-100-2	13,8	20,3	180	16,8	8,2	13	0,111	0,415	648	268	BT-300-3000
ТВ2-150-2	12,2	18	148	14,9	6,6	11,9	0,09	0,540	668	321	BT-300-3000
ТВФ-60-2	14,6	22	166	18	7,7	6,7	—	0,096	1530	617	BT-450-3000
ТВФ-100-2	18,3	26,3	179	22,3	9,5	6,5	—	0,118	1605	640	BT-1200-420
ТВФ-120-2	21,4	31,4	215	26,1	11	6,5	—	0,119	1830	634	BT-450-500
ТВВ-165-2	21	30	171	26	10	5,4	—	—	2020	—	BT-2500-500
ТВВ-200-2	18	27	211	22	10	7	—	—	2540	920	BT-2700-500
ТВВ-320-2	17	26	170	21	9	6	—	—	2900	1200	BT-4500-500
ТВВ-500-2	24	35	256	29	14	9	—	—	3530	1075	BT-5000-500
ТВВ-800-2	22	31	233	27	12	9	—	—	3790	1287	BT-6000-2
ТГВ-200	19	29,5	184	23,2	8,37	6,85	—	—	1880	—	Ионное возбуждение « « « « » »
ТГВ-200М	20,4	31	186	24,9	9,23	6,87	—	—	1890	—	
ТГВ-300	19,5	30	219	23,8	9,63	7	—	—	3050	—	
ТГВ-500	24,3	37,3	241	29,6	14,6	6,3	—	—	5120	—	
ТГВ-800	27,2	40	248	33,2	15,1	6,7	—	—	6720	—	
ТВМ-300	20,4	32,4	220	—	—	6,9	—	—	4300	—	ТВМ-1400-1000

Тип	Охлаждение		Избыточное давление водорода, кгс/см <sup>2</sup>	J, 10 <sup>-3</sup> кг · м <sup>2</sup>	Масса, т		Длина, м	Газовый объем статора, м <sup>3</sup> (без ротора/с ротором)
	обмотки статора	обмотки ротора			ротора	общая		
1	13	14	15	16	17	18	19	20
T2-4-2	Поверхностное воздушное		—	—	4,3	15	5,4	—
T2-6-2	То же		—	0,325	6,3	26	4,9	—
T2-12-2	»		—	0,6	9,6	39	6,1	—
T2-25-2	»		—	1	—	67	7,5	—
T2-50-2	»		—	3,38	—	125	8,9	—
T2-100-2	»		—	5,75	—	220	13	—
ТВ2-30-2	Поверхностное водородное		0,05	—	17	92,5	9,6	30/26
ТВС-30	То же		0,05	—	16,5	90	9,1	30/26
ТВ-50-2	»		0,05	—	31	130	10,8	55/50
ТВ-60-2	»		1	—	31	153,5	10,8	55/50
ТВ2-100-2	»		0,05	—	46	—	13,2	70/65
ТВ2-150-2	»		0,7	—	59	301	14,5	108/100
ТВФ-60-2	Поверхностное водородное	Непосредственное водородное	2	—	25,4	132	10,3	54/50
ТВФ-100-2			2	—	25,5	182	11	54/50
ТВФ-120-2			2,5	—	30	176	11,3	54/50

Тип	Охлаждение		Избыточное давление водорода, кгс/см <sup>2</sup>	J, 10 <sup>-3</sup> кг · м <sup>2</sup>	Масса, т		Длина, м	Газовый объем статора, м <sup>3</sup> (без ротора/с ротором)
	обмотки статора	обмотки ротора			ротора	общая		
1	13	14	15	16	17	18	19	20
ТВВ-165-2	Непосредственное водяное	Непосредственное водородное	3	4,45	34,6	234	13,5	57/53
ТВВ-200-2			3	5,28	42,2	267	13,9	60/56
ТВВ-320-2			3,5	7,44	55	340	17,2	90/87
ТВВ-500-2			4	10	65	384	18,4	107/100
ТВВ-800-2			—	16	80	484	19,3	134/126
ТГВ-200	Непосредственное водородное	Непосредственное водородное	3 (4)	—	48	300	11,9	75/70
ТГВ-200М			3	—	48	256	11,9	75/70
ТГВ-300	Непосредственное водородное	Непосредственное водородное	3	8,5	56	370	17,4	83/75
ТГВ-500			3	8,2	61,5	345	17,9	81/73
ТГВ-800	То же		3	12,2	71	450	19,6	—
ТВМ-300	Непосредственное масляное	Непосредственное водяное	—	6,4	50	336	12,4	25 (масла)

Примечания: 1. Данные  $U_H$ ,  $S_H$ ,  $\cos \phi_H$  и  $\eta_H$  — см. стр. 181.

2. В обозначении типа после символа серии указывается активная мощность генератора, МВт; последняя цифра — число пар полюсов машины ( $2p = 2$ ;  $n = 3000$  об/мин).

3. Для турбог-ров с поверхностным охлаждением избыточное давление водорода после реконструкции уплотнений может быть повышено до 100 кг/а (1 кгс/см<sup>2</sup>).

Обозначения:  $x_d$  — синхронное индуктивное сопротивление по продольной оси;  $x_d'$  — переходное индуктивное сопротивление по продольной оси;  $x_d''$  — сверхпереходное сопротивление по продольной оси;  $x_s$  — индуктивное сопротивление нулевой последовательности;  $x_s$  — индуктивное сопротивление обратной последовательности;  $T_f$  — постоянная времени по продольной оси при разомкнутой обмотке статора.

Для СГ с высококачественными возбудителями устанавливается по одному резервному возбудительному агрегату на ЭС.

Резервные возбудительные агрегаты для г-ров 160 МВт и выше с др. видами возбуждения устанавливаются по одному на каждые четыре блока.

На ЭС с СГ, имеющими машинные возбудители пост. тока, предусматривается лишь один резервный якорь на каждый тип возбудителя.

### Аварийная перегрузка турбо-ра

При авариях в энергосистеме допускаются кратковременные перегрузки г-ров по току статора при следующей кратности тока, отнесенной к длительно допустимому току (при данных  $t$  и длительности охлаждающей среды):

Продолжительность перегрузки, мин, не более	Кратность перегрузки СГ и СК		
	г-ры с косвенным охлаждением обмоток статора	г-ры с непосредственным охлаждением обмоток статора	
		водой	водородом
1	2	1,5	1,5
2	1,5	1,4	1,35
3	1,4	1,35	1,25
4	1,3	1,3	1,2
5	1,25	1,25	—
6	1,2	1,2	1,15
10	—	—	1,1
15	1,15	1,15	—
60	1,1	1,1	—

Примечание. Допустимая перегрузка по току возбуждения СГ и СК с косвенным охлаждением обмоток определяется допустимой перегрузкой статора.

Для турбо-ров с непосредственным водородным охлаждением обмотки ротора *допустимая перегрузка по току возбуждения* определяется кратностью тока, отнесенной к  $I_n$  ротора:

Продолжительность перегрузки, мин.	1/3	1/2	1	4	60
Кратность перегрузки ТВФ/ТВВ (до 500 МВт вкл.; ТВФ-120-2) . . . . .	—/2	2/—	1,7/1,5	1,2	1,06

Электролизеры для получения водорода: СЭЦ-4М, СЭЦ-8; ЭФ-12/6-12; ЭФ-24/12-12; первое число в обозначении типа — производительность по водороду ( $m^3/ч$ );  $P_n$  электролизеров соответственно 24; 50; 70 и 140 кВт. Капремонт электролизера с заменой асбестовой ткани на диафрагменных рамах должен проводиться 1 раз в 6 лет.

Для электролиза должна применяться вода с содержанием железа: не более 30 мг/кг, хлоридов — не более 20 мг/кг и карбонатов — не более 70 мг-экв/кг.

Синхронные генераторы с водородным охлаждением обеспечиваются водородом в баллонах при условии доставки их по дорогам с твер-

дым покрытием до 100 км для ЭС мощностью 600 МВт и до 50 км для ЭС мощностью 600 МВт и выше. Центральная электролизерная установка при этом должна находиться на одной из крупных ЭС системы. Во всех др. случаях на ЭС сооружается своя электролизерная установка.

Чистота водорода: в корпусе СГ с непосредственным водородным охлаждением и СК всех типов — не ниже 98%; в корпусе СГ с косвенным водородным охлаждением при избыточном давлении водорода 0,5 кгс/см<sup>2</sup> и выше — не ниже 97%; то же, но при избыточном давлении водорода до 0,5 кгс/см<sup>2</sup> — не ниже 95%.

Суточная утечка водорода не должна превышать 5%, а суточный расход с учетом непрерывных или периодических продувок — 10% общего объема газа в СГ при рабочем давлении (в СК — 5%).

На ЭС, где установлены СГ с водородным охлаждением, должен храниться запас водорода в количестве, обеспечивающем 10-дневный эксплуатационный расход и потребность для однократного заполнения водородом одного СГ наибольшего газового объема, а также запас углекислого газа или азота в количестве, обеспечивающем трехкратное заполнение СГ с наибольшим газовым объемом.

При наличии на ЭС резервного электролизера допускается уменьшение запаса водорода в ресиверах на 50%.

Запас водорода на подстанциях, где установлены СК с водородным охлаждением, должен обеспечивать 20-дневный эксплуатационный расход водорода и однократное заполнение одного СК с наибольшим газовым объемом, а при наличии электролизной установки — 10-дневный расход и однократное заполнение указанного СК. Запас углекислого газа или азота на таких подстанциях должен обеспечивать трехкратное заполнение этого же СК.

У СГ с водяным охлаждением обмоток замкнутая система водяного охлаждения заполняется дистиллятом (обессоленным конденсатом турбины), имеющим сопротивление около  $200 \cdot 10^3$  Ом·см. Работа СГ при сопротивлении дистиллята  $< 150 \cdot 10^3$  Ом·см не рекомендуется.

### Сопротивление изоляции $R_{из}$

Сопротивление изоляции  $R_{из}$  всей цепи возбуждения находящихся в эксплуатации СГ и СК с газовым охлаждением системы возбуждения, измеренное мегаомметром 500—1000 В, д. б. не менее 0,5 МОм.

$R_{из}$  всей цепи возбуждения СГ и СК с газовым охлаждением обмотки ротора и водяным охлаждением вентиля системы возбуждения д. б. не менее 50 кОм.

$R_{из}$  всей цепи возбуждения СГ с водяным охлаждением обмотки ротора и вентиля системы возбуждения д. б. не менее 10 кОм. При этом  $R_{из}$  обмотки ротора д. б. не менее 0,5 МОм (для СГ с водяным охлаждением обмотки ротора — при осушенной обмотке). Работа СГ и СК, имеющих  $R_{из}$  цепей возбуждения ниже указанных, допускается только с разрешения главного инженера ЭС или сетевого предприятия.  $R_{из}$  обмоток статоров СГ и СК, находящихся в эксплуатации, должно сопоставляться с результатами предыдущих измерений при той же  $t$  обмоток. В случае резкого уменьшения  $R_{из}$  (в 3—5 раз) д. б. выявлена и устранена причина снижения  $R_{из}$ .

У СГ, работающих по схеме блока СГ — тр-р, без выключателя на стороне генераторного напряжения  $R_{из}$  обмотки статора измеряется совместно с  $R_{из}$  обмотки НН блочного т-ра, токопровода и тр-ра с. н.

Из подшипников г-ров, СК и возбудителей при полностью собранных маслопроводах, измеренное мегаомметром на 1000—2500 В, д. б. не менее 1 МОм.

Вибрация контактных колец измеряется до и после каждого ремонта с выемкой ротора и не должна превышать 200 мкм. У СК с  $n_n = 750$  и 1000 об/мин вибрация подшипников не должна превышать 80 мкм.

Простои СГ в капремонтах, текущих ремонтах и межремонтные периоды определяются нормативами, принятыми для турбоагрегатов (см. стр. 115). Выемка ротора СГ производится при первом типовом капремонте и далее по мере необходимости.

**Токопроводы генераторного напряжения пофазно экранированные с электрически непрерывным кожухом и с компенсацией внешнего магнитного поля**

Тип турбог-ра	Тип токопровода	$U_n$ , кВ/ $I_n$ , А				
ТВФ-63-2, ТВФ-120-2, ТВВ-165-2	ТЭКП-20/60-160 ТЭКН-20/7800	20/10 000, 6800, 7800				
			ТВВ-200-2, ТВВ-200-2, ТГВ-200-2	ТЭКН-20/200-220 ТЭКН-20/10 000 ТЭН-220 VI	20/10 000	
ТВВ-320-2, ТГВ-300-2	ТЭН-300 ТЭКН-20/11 000	20/11 000				
						ТВВ-500-2, ТГВ-500-2, ТГВ-500-4 ТВВ-800-2
ТЭКН-24/24 000	24/24 000					

Продолжение

Тип турбог-ра	Размер токоведущей шины, мм	Размеры кожуха (экрана), мм	Длина монтажного блока, м	Масса монтажного блока, кг					
ТВФ-63-2, ТВФ-120-2, ТВВ-165-2	∅ 280×8 ∅ 280×12	∅ 750/4, ∅ 750/6 ∅ 740/4	До 11 8—10	600—750 600—750					
					ТВВ-200-2, ТВВ-200-2, ТГВ-200-2	∅ 280×12 ∅ 280×15	∅ 750×4, ∅ 750×6 ∅ 740×4, ∅ 740×6 ∅ 770×6	До 11 До 10 До 10	700—900
ТВВ-320-2, ТГВ-300-2	∅ 420×10	∅ 890×5 ∅ 880×5	До 12	1200					

**Генераторы трехфазные синхронные от 100 до 6300 кВт (по ГОСТ 8586-68 и 9631-70)**

$U_n$ , В	$n_n$ , об/мин					
	1500	1000	750	600 и 500	375	300
	Диапазон $P_n$ , кВт					
230	100—200	75—125	75—250	125—200	400—630	320
400	100—630	75—630	75—250	125—320	400—630	320—500
6300	500, 630, 1250—6300	320—800, 1000—6300	1000—3200	1000	400—800	400, 500
10 500	1250—6300	1000—6300	1000—3200	—	—	—

Примечание. Привод г-ров: двигатели внутреннего сгорания, газотурбинные двигатели и эл. дв.

**СИНХРОННЫЕ КОМПЕНСАТОРЫ (ПО ГОСТ 609-75)**

$Q_n$ при опережающем токе, кВ·А	$Q_n$ , кВ·А, при отстающем токе (при работе без возбуждения) не менее	$U_n$ , кВ	$n_n$ , об/мин	Потери, кВт, при $Q_n$ и $t$ охлаждающего газа 40 °С не более
10 000	5 500	6,3 или 10,5	750 или 1000 1000	250
16 000	9 000			370
25 000	16 000		10,5	750 или 1000
32 000	17 000	800		
50 000	20 000	11	750	1350
100 000	50 000			1750
160 000	80 000	15,75	750	1750

**Предельные допустимые температуры сердечников статоров и обмоток с изоляцией классов В и F при работе компенсаторов в номинальном режиме**

Части СК или охлаждающая среда	Предельно допустимая $t$ , °С, при измерении методом				
	сопротивления (R)	термометров сопротивления, уложенных в паз ( $tR$ )	термометра ( $t$ )	R	$tR$
1. Обмотки статора: при косвенном воздушном охлаждении изоляции: микалентной компаундированной терморезистивной	—	105	—	—	—
	—	120	—	—	140

Части СК или охлаждающая среда	Предельно допустимая $t$ , °C, при измерении методом					
	сопротивления (R)	термометров сопротивления, уложенных в паз ( $tR$ )	термометра ( $t$ )	R	$tR$	t
при косвенном водородном охлаждении изоляции при избыточном давлении: микалентной компаундированной:						
1 · 10 <sup>5</sup> Па	—	95	—	—	—	—
2 · 10 <sup>5</sup> Па	—	90	—	—	—	—
термореактивной:						
1 · 10 <sup>5</sup> Па	—	110	—	—	—	—
2 · 10 <sup>5</sup> Па	—	105	—	—	—	—
2. Обмотки ротора при воздушном или водородном охлаждении независимо от давления	130	—	—	150	—	—
3. Активная сталь сердечника статора независимо от давления при изоляции: микалентной компаундированной	—	105	—	—	—	—
термореактивной	—	120	—	—	140	—

Примечание. При применении для обмоток статоров микалентной компаундированной изоляции класса В и использовании более термостойких компаундов с  $t$  размягчения 130°C и выше указанные в таблице допустимые  $t$  обмотки и активной стали сердечника статора могут быть повышены до 120°C. Синхронные компенсаторы с водородным охлаждением допускают длительную работу при воздушном охлаждении;  $S_H$  при этом указывается в стандартах или ТУ на конкретные типы СК. Синхронные компенсаторы до 25 000 кВ·А изготавливаются с воздушным, а 32 000 кВ·А и выше с водородным охлаждением.

Допускаемая вибрация (удвоенная амплитуда колебаний) подшипников СК на уровне оси вала при всех режимах работы и  $n_H$  не должна превышать 0,08 мм.

## Простой в ремонте СК (сут)

Мощность компенсатора, МВ·А	В капитальном ремонте		В текущем ремонте в течение года
	с выводом ротора	без вывода ротора	
До 6	10	4	4
От 6 до 10	12	6	4
15	15	8	4

Мощность компенсатора, МВ·А	В капитальном ремонте		В текущем ремонте в течение года
	с выводом ротора	без вывода ротора	
30	20	10	5
37,5	25	10	6
50	30	12	6
75	35	12	7
100	40	12	7

Капремонт СК производится не чаще 1 раза в 4—5 лет. Вывод ротора производится по мере необходимости, но для СК с проточным охлаждением не реже, чем при каждом капремонте, а для СК с замкнутым воздушным и водородным охлаждением — 1 раз в 6 лет.

## Синхронные компенсаторы (по каталогу)

Тип	$I_H$ , кА	Индуктивные сопротивления, %				$T_f$ , с	Активные сопротивления, Ом	
		$x_d$	$x'_d$	$x''_d$	$x_0$		$R_{ст}$	$R_{рот}$
КС-10-6	0,87	185	32	22	10	7,4	0,02	0,09
КС-16-11	0,88	176	30	20	10	4,0	0,02	0,12
КС-30-11	—	160	36	22	9,4	6,4	0,01	0,2
КСВ-50-11	2,62	270	47	30	14	9,1	0,01	0,1
КСВ-100-11	5,25	210	40	20	10	9,3	0,003	0,12
КСВ-160-15	5,86	205	45	21	13	8,7	0,003	0,16

Тип	Тип возбудителя	Возбуждение			$J \cdot 10^{-3}$ , кг·м <sup>2</sup>	Масса общая, т
		$U_H$ , В	$I_H$ , кА	$I_{x-x'}$ , А		
КС-10-6	ВС-55/24-6	80	0,6	190	2,5	38
КС-16-11	ТВ-630-Р	115	0,5	195	3,8	50
КС-30-11	П-143/9К	170	0,6	220	14,6	100
КСВ-50-11	ВДБ-50-210	150	1,15	290	31,5	145
КСВ-100-11	Ионный	230	1,35	405	53	220
КСВ-160-15	Ионный	380	1,6	500	75	803

Примечание. В обозначении типы: КС — СК с воздушным охлаждением; КСВ — СК с водородным охлаждением; первое число —  $S_H$ , МВ·А, второе —  $U_H$ , кВ.

## ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

Номинальные мощности вращающихся электрических машин до 10 000 кВт (по ГОСТ 12139-74)

Вт				кВт					
0,010	0,10	1	10	—	1,1	11	110	1000	10 000
—	—	—	—	0,12	—	—	132	1250	—
—	—	—	—	—	1,5	15	—	—	—
—	0,16	1,6	16	—	—	—	160	1600	—
—	—	—	—	0,18	—	18,5	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	200	2000	—
0,025	0,25	2,5	25	0,25	2,2	22	250	2500	—
—	—	—	—	—	3,0	30	—	—	—
—	—	—	—	0,37	—	37	315	3150	—
—	0,40	4,0	40	—	4,0	45	400	4000	—
—	—	—	—	0,55	5,5	55	500	5000	—
0,060	0,60	6,0	60	—	—	—	630	6300	—
—	—	—	—	0,75	7,5	75	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	800	8000	—
—	—	—	90	—	—	90	—	—	—

Номинальные частоты (скорости) вращения электрических машин (по ГОСТ 10683-73)

Эл. дв. пост. тока (об/мин): 25; 50; 75; 100; 125; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1500; 2000; 2200; 3000; 4000; 5000; 6000; 8000; 10 000; 12 000; 15 000; 18 000; 20 000; 22 000; 30 000; 40 000; 60 000.

Г-ры пост. тока — те же данные в пределах от 400 до 15 000 об/мин включительно, кроме 2200 об/мин.

Синхронные г-ры/дв (об/мин) при  $f = 50$  Гц: —/100; 125; 150; —/166,6; 187,5; 214,3; 250; 300; 375; 428,6/—; 500; 600; 750; 1000; 1500; 3000.

Асинхронные дв. (об/мин) при  $f = 50$  Гц: 100; 125; 150; 166,6; 187,5; 250; 300; 375; 500; 600; 750; 1000; 1500; 3000.

Универсальные и однофазные коллекторные дв. (об/мин): 1000; 1500; 2000; 3000; 5000; 8000; 10 000; 12 000; 15 000; 18 000; 22 000.

Допустимые вибрации электрических машин (по ГОСТ 16921-71)

Классы/максимально допустимые эффективные значения вибрационной скорости мм/с: 0,28/0,28; 0,45/0,45; 0,7/0,70; 1,1/1,10; 1,8/1,80; 2,8/2,80; 4,5/4,50; 7,0/7,00.

Стандарт распространяется на вращающиеся эл. машины общего и специального применения с массой машин от 0,25 до 200 кг и рабочей частотой вращения от 600 до 12 000 об/мин включительно.

Допустимые вибрации эл. машин массой свыше 2000 кг (по ГОСТ 20815-75)

Среднеквадратичное значение вибрационной скорости в октавной полосе  $v_0$  подшипниковых опор для эл. машин с  $n_n = 600$  об/мин и более не должно превышать:

$n$ , об/мин	3000	1500	1000	750	600
$v_0$ , мм/с	3,3	2,8	2,4	2,1	1,8

Допускается определение  $v_0$  подшипниковых опор путем измерения вибрационного перемещения с последующим пересчетом по Ф-ле  $v_0 = 0,074 \cdot 10^{-3} A n$ , где  $A$  — пиковое значение вибрационного перемещения подшипниковых опор эл. машин.

Высоты оси вращения эл. дв. и непосредственно соединяемых с ними механизмов (по ГОСТ 13267-67), мм: 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100; 112; (125); 132; (140); 160; 180; 200; 225; (236); 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560; (600); 630; 710; 800; 900; 1000.

$R_{из}$  эл. дв. переменного тока:  $R_{из}$  — обмотки статора эл. дв. до 1000 В — не менее 0,5 МОм при  $t = \pm 10 \div 30^\circ\text{C}$ .  $U$  мегаомметра 1000 В.  $R_{из}$  обмотки ротора синхронных эл. дв. и эл. дв. с фазным ротором не менее 0,2 МОм при  $t = +10 \div 30^\circ\text{C}$ .  $U$  мегаомметра 500 В.

Предельные зазоры в подшипниках скольжения эл. дв.

$D_n$ вала, мм	Зазор, мм, при частоте вращения, об/мин		
	менее 1000	1000—1500	более 1500
18—30	0,040—0,093	0,060—0,130	0,140—0,280
30—50	0,050—0,112	0,075—0,160	0,170—0,340
50—80	0,065—0,135	0,095—0,196	0,200—0,400
80—120	0,080—0,160	0,120—0,235	0,230—0,460
120—180	0,100—0,195	0,150—0,285	0,260—0,580
180—260	0,120—0,225	0,180—0,300	0,300—0,600
260—360	0,140—0,250	0,210—0,380	0,340—0,680
360—500	0,170—0,305	0,250—0,440	0,380—0,760

Асинхронные электродвигатели единой серии (4АН и 4А)

Основное исполнение — эл. дв. с к.з. ротором,  $f = 50$  Гц, привод механизмов, не требующих специальных пусковых характеристик.

Эл. модификации основного исполнения: с повышенным пусковым моментом; с повышенным скольжением; 10- и 12-полосные; многоскоростные; с фазным ротором.

Специализированное исполнение по конструкции: встраиваемые, маломощные.

Специализированное исполнение по условиям окружающей среды: влагоморозостойкие; химически стойкие.

Асинхронные эл. дв. серии 4АН с к. з. ротором до 400 кВт в исполнении IP23

Тип	$P_{H^*}$ кВт, при $n_{H^*}$ об/мин				Масса кг (форма M101)
	3000	1500	1000	750	
4АН160S	22	18,5	—	—	112
4АН160M	30	22	—	—	132
4АН180S	37	30	18,5	15	155
4АН180M	45	37	22	18,5	180
4АН200M	55	45	30	22	250
4АН200L	75	55	37	30	295
4АН225M	90	75	45	37	330
4АН250S	110	90	55	45	450
4АН250M	132	110	75	55	500
4АН280S	160	132	90	75	715
4АН280M	200	160	110	90	825
4АН315S	—	200	132	110	860
4АН315M	250	250	160	132	940
4АН355S	315	315	200	160	1200
4АН355M	400	400	250	200	1350

Асинхронные эл. дв. серии 4А с к. з. ротором до 400 кВт в исполнении IP44

Тип	$P_{H^*}$ кВт, при $n_{H^*}$ об/мин				Масса, кг (форма M101)
	3000	1500	1000	750	
4AA56A	0,18	0,12	—	—	4,5
4AA56B	0,25	0,18	—	—	4,5
4AA63A	0,37	0,25	0,18	—	6
4AA63B	0,55	0,37	0,25	—	6
4A71A; 4AX71A	0,75	0,55	0,37	—	15,5
4A71B; 4AX71B	1,1	0,75	0,55	0,25	15,5

Тип	$P_{H^*}$ кВт, при $n_{H^*}$ об/мин				Масса, кг (форма M101)
	3000	1500	1000	750	
4A80A; 4AX80A	1,5	1,1	0,75	0,37	19,5
4A80B; 4AX80B	2,2	1,5	1,1	0,55	22,6
4A90LA; 4AX90LA	3	2,2	1,5	0,75	25,5
4A90LB; 4AX90LB	—	—	—	1,1	25,5
4A100S; 4AX100S	4	3	—	—	33,8
4A100L; 4AX100L	5,5	4	2,2	1,5	39,7
4A112MA	7,5	5,5	3	2,2	56
4A112MB	—	—	4	3	56
4A132S	—	7,5	5,5	4	77
4A132M	11	11	7,5	5,5	91
4A160S	15	15	11	7,5	132
4A160M	18,5	18,5	15	11	155
4A180S	22	22	—	—	170
4A180M	30	30	18,5	15	185
4A200M	37	37	22	18,5	255
4A200L	45	45	30	22	285
4A225M	55	55	37	30	380
4A250S	75	75	45	37	275
4A250M	90	90	55	45	515
4A280S	110	110	75	55	785
4A280M	132	132	90	75	835
4A315S	160	160	110	90	875
4A315M	200	200	132	110	1100
4A355S	250	250	160	132	1420
4A355M	315	315	200	160	1670

Обозначения: 4—индекс серии; А—асинхронный; Н—степень защиты IP23 (для степени защиты IP44 буква Н опускается); А—алюминиевая станина и щиты; X—алюминиевая станина и чугунные щиты (если станина и щиты чугунные, никакого обозначения нет); 160—число после первых буквенных обозначений—высота оси вращения, мм; S, M, L—установочные размеры по длине корпуса; A, B—длина сердечника (дается, если на одном установочном размере предусмотрены две мощности). Эл. дв. 0,12—0,37 кВт выпускаются на 220/380 В; 0,55—110 кВт на 220/380 и 380/660 В; 132—400 кВт на 380/660 В. Схемы соединений обмотки: Д/У. Эл. дв. в диапазоне 0,25—5,5 кВт могут изготавливаться с встроенной температурной защитой и приданным блоком управления—аппаратом защиты АЗП-100.

В указании типа опущены: число полюсов, климатическое исполнение—У и категория—3; по ГОСТ 19523-74 типоразмер эл. дв., напр., 4AA56A2У3, а в таблице—4AA56A.

Все эл. дв. серии 4А изготавливаются в исполнении У3.

Выбор пусковой и защитной аппаратуры для эл. дв. единой серии 4А

$P_{н'}$ кВт	Эл. дв. 4А		$I$ нагревательного элемента реле, А	$P_{н'}$ кВт	Эл. дв. 4А		$I$ нагревательного элемента реле, А
	габарит	$I_{н'}$ , А			габарит	$I_{н'}$ , А	
0,12	56A4	0,42	0,6	2,2	80B2	4,6	5,0
0,18	56A2	0,52	0,63		90L4	4,8	
	56B4	0,63	0,63		100L6	5,7	
0,25	56A6	0,75	0,8	3,0	112MA8	6,2	6,8
	56B2	0,68	0,8		90LA2	6,1	
	63A4	0,81	1,0		100S4	6,6	
0,37	63B6	0,96	1,0	4,0	112MA6	7	8
	71B8	1,05	1,25		112MB8	7,8	
	63A2	0,91	1,0		100S2	7,9	
	63B4	1,2	1,25		100S4	8,5	
0,55	71A6	1,25	1,25	5,5	112MB6	9,1	12,5
	80A8	1,42	1,6		132S8	10,4	
	63B2	1,29	1,0		100L2	10,5	
0,75	71A4	1,69	2,0	7,5	112M4	11,3	16
	71B6	1,74			132S6	12,3	
	80B8	2,0			113M8	13,7	
	71A2	1,7			112M2	14,6	
	71B4	2,2	2,5		132S4	15,1	
1,1	80A6	2,2		11	132M6	16,1	20
	90L8	2,7	3,2		160S8	17,7	
	71B2	2,5			132M2	21	
	80A4	2,8			132M4	21,5	
1,5	80B6	3,1		15	160S6	25,2	32
	90LB8	4,3	5,0		160M8	25,7	
	80A2	3,3	4,0		160S2	29	
	80B4	3,6			160S4	28,8	
	90L6	4,1	5,0		160M6	29,6	
	100L8	4,8					

Пусковая и защитная аппаратура

Предохранители в силовом пункте

$P_{н}$ эл. дв., кВт	0,12—0,75	1,1	1,5	2,2	3	3	4	4	5,5	5,5	7,5
$I$ вставки, А (НПН, ПН2)	4	6	10	15	20	25	35	45			

Станции управления БУ5140 и БУ5440

$P_{н}$ эл. дв., кВт	0,12—4	4—7,5	11	15
Тип станции	03A2A	03A2B	13A2B	

Автомат АП50

$P_{н}$ эл. дв., кВт	0,12—0,55	0,55	0,75	1,1—3	3	4	4—7,5	7,5—15
$I_{н}$ распределителя, А	1,6	2,5	4	6,4	10	16	25	

Тепловое реле пускателя станции

$P_{н}$ эл. дв., кВт	0,12—4	4—7,5	11	15
Тип реле	ТРН-8	ТРН-20	ТРН-32	

Выбор пусковой и защитной аппаратуры для эл. дв. единой серии 4А и 4АН

$P_{н'}$ кВт	Типы и данные эл. дв.				$I$ вставки, А, предохранителя в силовом пункте	Типы и данные эл. дв.				$I$ вставки, А, предохранителя в силовом пункте	
	4АН		4А			$P_{н'}$ кВт	4АН		4А		
	Габарит	$I_{н'}$ , А	Габарит	$I_{н'}$ , А			Габарит	$I_{н'}$ , А	Габарит		$I_{н'}$ , А
15	180S8	32,6	180M8	29,6	80	45	180M2	81	200L2	84	250
18,5	160S4	36,2	160M4	34,9	120	55	200M4	84	200L4	83	
22	180S6	35,8	180M6	36,3	100	75	225M6	89	250S6	83	
	180M8	38,7	200M8	40,6	150	90	250S8	90	250M8	89	
	160S2	40	180S2	42	120	99	200M2	99	225M2	100	
30	160M4	40	180S4	43	200	110	200L4	100	225M4	100	
	180M6	43	200M6	41	150	132	250S6	107	—	—	
	200M8	46	200L8	45	200	136	250M8	109	—	—	
37	160M2	54	180M2	53	250	132	200L2	132	250S2	135	
	180S2	56	180M4	57	200	137	225M4	137	250S4	136	
	200M6	57	200L6	56	150	145	250M6	145	—	—	
110	200L8	62	225M8	63	250	160	225M2	160	250M2	160	
	180S2	66	200M2	70	132	163	250S4	163	250M4	162	
	180M4	68	200M4	69	132	198	250S2	198	—	—	
	200L6	69	225M6	69		250M2	233	—	—		
	225M58	77	250S8	73							

Пусковая и защитная аппаратура

Станции управления БУ5140 и БУ5440

$P_{н}$ эл. дв., кВт	18,5	22	30	37	45	55	75	90 и выше
Тип станции	23A2B	23A2Г	23A2Д	23A2И	33A2A	83A2B	33A2B	43A2A

Автомат 3100

$P_{н}$ эл. дв., кВт	22	30	37	45 и 55	55 и 75	90 и выше
$I_{н}$ распределителя, А	60	80	100	150	200	250

Тепловые реле пускателя станции

$P_{н}$ эл. дв., кВт	18,5—30	37—75	90 и выше
Тип реле	ТРП-60	ТРП-150	ТРН-8
$I_{н}$ нагреват. элемента, А	40; 50; 60	80; 100; 120; 150	1,6

Двигатели трехфазные асинхронные от 110 до 1000 кВт  
Ряды  $P_{н}$ ,  $U_{н}$  и  $n_{н}$  (по ГОСТ 7830-68)

$U_{н'}$ кВт	К. з. и фазный роторы					
	К. з. ротор					
	$n_{н}$ (синхронная), об/мин					
	3000	1500	1000	750	600	500
	Диапазон $P_{н'}$ кВт					
0,220/0,380	—	—	110	90; 110	55—110	—
0,380/0,660	160—800	132—500	132—315	132—250	132—160	—
6	250—1600	200—1250	200—1000	200—800	200—630	200—500
10	630—1600	500—1250	400—1000	400—800	400—630	400—500

**Двигатели трехфазные асинхронные от 1000 кВт и выше**  
Ряды  $P_n$ ,  $U_n$  и  $n_n$  (по ГОСТ 9630-70)

$n_n$ , об/мин	Фазный ротор	К. з. ротор	$n_n$ , об/мин	Фазный ротор	К. з. ротор
	Диапазон $P_n$ , кВт			Диапазон $P_n$ , кВт	
3000	2000—8000	—	500	630—2000	630—1250
1500	1600—2500	—	375	315—2000	500—1250
1000	1250—2000	1250—2000	300	315—1250	—
750	1000—2000	1000—2000	250	315—1250	—
600	800—2000	800—2000			

Примечание. Эл. дв. 2000—8000 кВт изготавливаются на 6 и 10 кВ, а все стальные — на 6 кВ; в последнее время началось изготовление эл. дв. на 10 кВ начиная с 800 кВт при 1000 об/мин.

**Электродвигатели трехфазные асинхронные короткозамкнутые взрывозащищенные серии ВАО мощностью от 0,27 до 100 кВт**  
(по ГОСТ 6661-75)

$n_n$ , об/мин	$U_n$ , В	
	220 или 380	380 или 660
	Диапазон $P_n$ , кВт	
3000	0,4—1,1	1,5—100
1500	0,27—0,8	1,1—100
1000	0,4—0,6	0,8—75
750	—	2,2—55
600	—	1,7—40

По заказу потребителей эл. дв. изготавливаются: 500 В и 380/660 В — все габариты; 220/380 В — 07—8-й габариты; 127/220 В — 07—3-й габариты.

**Мощность электродвигателей ВАО от 132 до 1000 кВт**  
(по ГОСТ 16311-75)

$n_n$ , об/мин	$U_n$ , В		
	380/660	660	6000
	Диапазон $P_n$ , кВт		
3000	132—200	250; 315	200—400
1500	132—200	250; 315	200—1000
1000	110—200	250; 315	200—800
750	75—200	250	200—630
600	75—200	—	—

**Трехфазные асинхронные двухлюсные эл. дв. с к. з. ротором АТД2**  
(по ГОСТ 19488-74)

$P_n = 315 \div 5000$  кВт;  $U_n = 6$  кВ; исполнение и категория — У3 и У4.

Распределение эл. дв. по габаритам:

Габарит	1	2	3	4	5
$P_n$ эл. дв., кВт	315	630	1000	2000	3200
	400	800	1250	2500	4000
	500	—	1600	—	5000

**Электродвигатели трехфазные асинхронные крановые и металлургические (по ГОСТ 185-70)**

Эл. дв. с фазным ротором  $P_n$ : 1,4—110 кВт, 1000 об/мин; 7,5—90 кВт, 750 об/мин; 45—160 кВт, 600 об/мин.

Эл. дв. с к. з. ротором  $P_n$ : 1,4—45 кВт, 1000 об/мин; 7,5—37 кВт, 750 об/мин;  $U_n$ , В: 220/380, 380/600 и 500.

$M_{\max}/M_n$  для закрытых (обдуваемых) дв. с фазным ротором при ПВ = 40%: 2,3 до 5 кВт; 2,5 до 5—10 кВт; 2,8 свыше 10 кВт.

$M_{\max}/M_n$ , а также  $M_{\text{нач}}/M_n$  для дв. с к. з. ротором при ПВ = 40%: 2,5 до 8 кВт; 2,8 свыше 8 кВт.

Влагоморозостойкие эл. дв. трехфазные асинхронные (ГОСТ 13562-68):  $P_n$  от 0,6 до 100 кВт закрытого исполнения;  $f$  сети до 400 Гц;  $U_n$  — до 660 В; работа в помещении и на открытом воздухе.  $t$  окружающей среды от  $-45$  до  $+40^\circ\text{C}$ ; относительная влажность окружающей среды до 100% при  $t = +25^\circ\text{C}$ .

Химстойкие эл. дв. с к. з. ротором (ГОСТ 13584-68):  $P_n$  от 0,6 до 100 кВт, закрытого исполнения;  $f$  сети до 400 Гц;  $U_n$  — до 660 В; работа в помещении в химически активных средах, оговоренных в стандарте.

**Двигатели трехфазные синхронные от 110 до 1000 кВт**  
Ряды  $P_n$ ,  $U_n$  и  $n_n$  (по ГОСТ 8585-68)

$U_n$ , кВ	Диапазон $P_n$ , кВт, при $n_n$ (синхронная), об/мин					
	3000	1500	1000	750	600	500
0,380	—	132—315	110—315	75—250	90—315	132—250
0,660	—	160—500	160—315	160—250	—	—
6	630—1600	250—1250	250—1000	250—800	250—630	250—500
10	630—1600	800—1250	800—1000	630—800	630	—

**Двигатели трехфазные синхронные от 1250 кВт и выше**  
**Ряды  $P_H$ ,  $U_H$  и  $n_H$  (по ГОСТ 8704-70)**

$n_H$ , об/мин	Диапазон $P_H$ , кВт, при $U_H$ , кВ	$n_H$ , об/мин	Диапазон $P_H$ , кВт, при $U_H$ , кВ	
	6 и 10		6	6 и 10
3000	2000—12 500	375	315—500	630—8000
1500	1600— 5 000	300 и 250	315—500	630—6300
1000	1250— 6 300	187,5	315—1600	—
750	1000—10 000	166,6	315—2500	—
600	800—10 000	150 и 125	630—4000	—
500	630—10 000	100	1250—1600	2000—3200

Эл. дв. малой мощности общепромышленного применения (асинхронные с к. з. ротором, синхронные, однофазные коллекторные, постоянного тока и универсальные коллекторные эл. дв.).

*Дв. асинхронные однофазные конденсаторные с к. з. ротором:*

$P_H$ : 10; 16; 25; 40; 60; 90; 120; 180; 250; 370; 550 Вт;

$n_H$ : 3000; 1500; 1000 и 750 об/мин.

*Эл. дв. универсальные коллекторные:*

$P_H$ : 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 90; 120; 180; 250; 370; 550 Вт.

$n_H$ : 2000; 3000; 5000; 8000; 12 000; 15 000; 18 000 об/мин.

$U_H$  дв. пост. тока: 6; 12; 24; 48; 110; 220 В;

$U_H$  дв. перем. тока однофазного: 12; 24; 36; 220; 380 В.

Ориентировочные значения,  $s_H$ ,  $\eta_H$  и  $\cos \varphi_H$  асинхронных трехфазных эл. дв.:

а)  $s_H$  (скольжение, %  $n_H$ ): 0,1—0,6 кВт — 10; 0,6—2,2 кВт — 7; свыше 2,2 до 10 кВт — 5,5; свыше 10 кВт — 3,5.

б)  $\eta_H$  эл. дв. с к. з. ротором нормального исполнения:

$P_H$ , кВт	Число пар полюсов $p$	$\eta_H$	$P_H$ , кВт	Число пар полюсов $p$	$\eta_H$
1	1; 2	0,78	20	1; 2; 3; 4	0,89
2	1; 2	0,82	50	1; 2; 3; 4	0,90
	3	0,81	100	1; 2; 3; 4	0,91
5	1; 2	0,86	200	1; 2; 3; 4	0,92
	3; 4	0,84	500	1; 2; 3; 4	0,93
10	1; 2	0,88	1000	1; 2; 3; 4	0,94
	3; 4	0,86			

в)  $\eta_H$  эл. дв. с фазным ротором и с к. з. ротором с улучшенными пусковыми свойствами до 50 кВт на 2—4% меньше  $\eta_H$  эл. дв. такой же мощности, как в п. «б»;

г)  $\cos \varphi_H$  при  $P_H = 1 \div 100$  кВт, для  $p = 2$  и 3  $\cos \varphi = \eta_H$ ; для  $p = 1$  и 4  $\cos \varphi = \eta_H + \frac{0,6}{\sqrt{P_H}}(2-p)$ ; при  $P_H = 100 \div 1000$  кВт  $\cos \varphi_H = \eta_H - 0,03$ .

Электродвигатели постоянного тока единой серии П, исполнение IP44

Тип	$U_H$ , В	$P_H$ , кВт, при $n_H$ , об/мин				Масса, кг (форма М-101)	Тип	$U_H$ , кВ	$P_H$ , кВт, при $n_H$ , об/мин				Масса, кг (форма М-101)
		3000	1500	1000	750				3000	1500	1000	750	
П11	220 и 110	0,7	0,3	0,13	—	18,5	П81	220 и 110	—	—	—	14	330
П12	220 и 110	1,0	0,45	0,2	—	23,5	П82	220 и 110	—	—	—	19	385
П21	220 и 110	1,5	0,7	0,3	0,2	38	П82	440, 220 и 110	—	—	25	—	435
П22	220 и 110	2,2	1,0	0,45	0,3	44							
П31	220 и 110	3,2	1,5	0,7	0,45	54,5	П91	440 и 220	—	—	32	25	605
П32	220 и 110	4,5	2,2	1,0	0,7	67,5	П92	440 и 220	—	—	42	32	705
П41	220 и 110	6,0	3,2	1,5	1,0	79	П101	440 и 220	—	—	55	42	865
П42	110	8	—	—	—	84	П102	440 и 220	—	—	—	55	985
П42	220 и 110	—	4,5	2,2	1,5	84	П82	440 и 220	—	42	—	—	435
П51	220 и 110	—	6,0	3,2	2,2	119	П91	440 и 220	—	55	—	—	605
П52	220 и 110	—	8,0	4,5	3,2	130	П92	440 и 220	—	75	—	—	705
П61	220 и 110	—	11	6	4,5	137	П101	440 и 220	—	100	—	—	865
П62	220 и 110	—	14	8	6	193	П102	440 и 220	—	125	—	—	985
П71	220 и 110	—	19	11	7	290	П111	440 и 220	—	160	100	75	1180
П72	220 и 110	—	25	14	10	330	П112	440 и 220	—	200	135	85	1370
П81	440, 220 и 110	—	32	19	—	330	П112	440	—	180	—	—	1370

Примечание. Эл. дв. пост. тока: П—машина пост. тока одной серии; первое число однозначное до 9 и двузначное 10—17 — порядковый номер габарита. Последняя цифра — порядковый номер длины сердечника.

По ГОСТ 20529-75 — машины эл. пост. тока серии 2П до 200 кВт:  $P_H$  от 0,37 до 200 кВт;  $n_H$  эл. дв.: 500; 600; 750; 1000; 1500; 2200; 3000 об/мин;  $n_H$  г-ров: 1000; 1500; 3000 об/мин;  $U_H$  эл. дв.: 110 и 220 В до 7,5 кВт; 220, 400 В более 7,5 кВт;  $U_H$  г-ров 115, 230 В до 7,5 кВт; 230, 460 В более 7,5 кВт.

### Схемы обмоток многоскоростных асинхронных эл. дв.

Эл. дв.	Число полюсов	Схема обмотки	Число выводов <sup>1</sup>
Двухскоростной	4/2; 8/4; 12/6	Д/УУ; одна обмотка с переключением	6
	6/4	У и У; две обмотки без переключения	6
Трехскоростной	6/4/2; 8/6/4	Д/УУ и У; две обмотки: одна с переключением (2:1), вторая без переключения (независимая)	9
Четырехскоростной	12/8/6/4	Д/УУ и Д/УУ; две обмотки с переключением (независимые)	12

<sup>1</sup> Выводы обозначаются С1, С2, С3, но с дополнительными цифрами (число полюсов) перед буквами.

### Группы форм исполнения эл. машин (по монтажу) и условные обозначения группы (по ГОСТ 2479-65)

Условные обозначения	Виды машин
M1	Машины на лапах; с двумя или одним подшипниковым щитом; с пристроенным редуктором; на опорно-осевой подвеске; с качающейся опорой
M2	Машины на лапах с двумя подшипниковыми щитами и фланцем на подшипниковом щите. Центрирующая заточка фланца со стороны вала
M3	Машины без лап: с фланцем на подшипниковом щите; на рамной подставке
M4	Машины без лап: с фланцем на станине; с торцевым креплением станины
M5	Машины встраиваемые (пристраиваемые)
M6	Машины на лапах с подшипниковыми щитами и стоячковыми подшипниками
M7	Машины на лапах со стоячковыми подшипниками
M8	Машины вертикальные большой мощности

### Выбор электродвигателей

В соответствии с ПУЭ  $P_n$  эл. дв. для механизмов длительной работы с постоянной нагрузкой при  $t$  окружающего воздуха не выше  $+35^\circ\text{C}$  должна выбираться по статической нагрузке на валу механизма.

Для механизмов, сохранение которых в работе после кратковременных перерывов питания или понижения  $U$ , обусловленных отключением к. з. или действием АПВ и АВР, целесообразно по технологическим условиям и допустимо по условиям ТБ, д. б. обеспечен самозапуск их приводных эл. дв.

Для привода механизмов длительной работы, не требующих регулирования частоты вращения, независимо от их мощности рекомендуется, как правило, применять синхронные эл. дв.

Эл. дв. с фазным ротором допускается применять только в случаях, когда эл. дв. асинхронные с к. з. ротором и синхронные не могут применяться по условиям режима работы эл. привода.

Эл. дв. пост. тока допускается применять только в случаях, когда условия работы эл. привода не позволяют применять эл. дв. перем. тока по условиям обеспечения требуемой работы механизма либо по условиям экономичности.

Эл. дв. с н. ТЭС принимаются, как правило, асинхронные с к. з. ротором.

Синхронные эл. дв. применяются для крупных механизмов с н. в случае, когда это дает технико-экономические преимущества.

Эл. дв. для котельной, топливоподдачи, гидрозолоудаления и основных насосов турбинного отделения (конденсатные, циркуляционные, питат. и сетевые 630 кВт и выше) применяются закрытые обдуваемые или с замкнутым циклом вентиляции.

Для питания крупных эл. дв. с н. применяются  $U_n = 6 \div 10$  кВ.  $U_n = 3$  кВ допускается при расширении эл. станций, имеющих  $U_n = 3$  кВ, причем целесообразность применения этого напряжения обосновывается.

Для остальных эл. дв. перем. тока с н. применяется  $U_n = 0,4$  или 0,66 кВ; сеть 0,4 кВ выполняется с заземленной нейтралью. Питательные сети освещения и сети эл. дв. 0,4 кВ производится от общих трансформаторов.

В сетях 380 В применяются эл. дв. не выше 250 кВт, в отдельных случаях, когда электроснабжение предприятия осуществляется на 10 кВ, — 320 кВт; в сетях 660 В — до 600 кВт.

Для проверки обеспеченности самозапуска эл. дв. суммарный  $I_n$  неотключаемых эл. дв. в расчетах принимается равным, как правило, полуторакратному  $I_n$  пускорезервного трансформатора, а длительность перерыва питания с н. составляет 2,5 м.

На ЭС в цепях эл. дв. 0,4 кВ независимо от их мощности, а также в цепях линий питания сборок в качестве защитных аппаратов устанавливаются автоматы.

В случае применения автоматов без дистанционных приводов в качестве коммутационных аппаратов используются контакторы или пускатели.

Схемы управления контакторами и магнитными пускателями, устанавливаемыми в цепях ответственных эл. дв., должны обеспечивать в течение необходимого времени их повторное включение при восстановлении напряжения после его кратковременного снижения (групповой самозапуск эл. дв., пуск мощного эл. дв. и др.).

Установка предохранителей в качестве защитных аппаратов допускается в цепях сварки и неотвечественных эл. дв., не связанных с основным технологическим процессом (мастерские, лаборатории и т. п.).

В цепях эл. дв. независимо от их мощности амперметры устанавливаются только в тех случаях, когда эл. дв. используются для привода механизмов, подверженных перегрузкам по технологическим причинам, или когда по амперметрам ведется основной технологический процесс.

Амперметры должны устанавливаться в цепях эл. дв. дымососов, всех вентиляторов котельного агрегата, всех типов мельниц, ленточных конвейеров, дробилок, питателей пыли, питателей сырого угля, шахт-

ных мельниц, питательных, шламовых, конденсатных и циркуляционных насосов, маслонасосов системы смазки, мазутных насосов и валоповоротного устройства.

Вибрация (предельная) э. л. д. в., измеренная на подшипниках, не должна превышать:

$n$ (синхронная), об/мин	3000	1500	1000	750	и менее
Допустимая амплитуда вибрации подшипника, мкм	50	100	130	160	

Капремонт с выемкой ротора э. л. д. ответственных механизмов, работающих в условиях высоких температур и загрязненности окружающей среды, должен производиться через 12 мес. работы после ввода в эксплуатацию, а в дальнейшем не реже 1 раза в 2 года.

Периодичность капремонта для э. л. д., работающих в нормальных условиях, а также текущих ремонтов для всех э. л. д. устанавливается по местным условиям.

### ТРАНСФОРМАТОРЫ СИЛОВЫЕ (ПО ГОСТ 11677-75)

Стандарт распространяется на силовые стационарные тр-ры общего назначения, в том числе на автотр-ры, тр-ры для с. н. ЭС и для КТП, трехфазные 6,3 кВ·А и более и однофазные свыше 4 кВ·А до 750 кВ включительно.

**Условия работы.** Высота установки над уровнем моря — не более 1000 м, для тр-ров 750 кВ — не более 500 м; исполнение тр-ра — У со следующими дополнительными условиями: среднесуточная  $t$  воздуха не более 30°C, среднегодовая  $t$  воздуха не более 20°C,  $t$  охлаждающей воды не более 25°C у входа в охладитель.

**Категория размещения:** для масляных тр-ров, тр-ров с жидким диэлектриком и сухих герметичных тр-ров — 1, 2, 3, 4 по ГОСТ 15150-69, для сухих негерметичных тр-ров — 3, 4.

Частота  $f_n$  питающей сети 50 Гц.

Форма кривой напряжения, подводимого к тр-ру, должна быть практически синусоидальной, а система фазных напряжений — практически симметричной. Число включений со стороны питания — не более 10 раз в сутки систематически.

#### Классификация видов охлаждения

##### Сухие тр-ры

Естественное воздушное при открытом исполнении	С
» » » защищенном исполнении	СЗ
» » » герметичном исполнении	СГ
Воздушное с дутьем	СД

##### Масляные тр-ры

Естественная циркуляция воздуха и масла	М
Принудительная циркуляция воздуха и естественная циркуляция масла	Д
Естественная циркуляция воздуха и принудительная циркуляция масла	МЦ
Принудительная циркуляция воздуха и масла	ДЦ

Принудительная циркуляция воды и естественная циркуляция масла . . . . . МВ  
 Принудительная циркуляция воды и масла . . . . . Ц  
*Тр-ры с негорючим жидким диэлектриком*

Естественное охлаждение негорючим жидким диэлектриком . . . Н  
 Охлаждение негорючим жидким диэлектриком с дутьем . . . . . НД

**Нормы нагрева.** Допустимые превышения  $t$  отдельных элементов масляного тр-ра или тр-ра с жидким диэлектриком над  $t$  охлаждающей среды (воздуха или воды) при испытаниях на нагрев (на основном ответвлении):

Элементы тр-ров	Превышение $t$ , °С	Метод измерения
Обмотки	65	По изменению сопротивления пост. току
Поверхности магнитопровода и конструктивных элементов	75	По термометру или термопаре
Масло или другой жидкий диэлектрик в верхних слоях	60	То же
Исполнение герметичное или с устройством, полностью защищающим масло или другой жидкий диэлектрик от соприкосновения с окружающим воздухом	60	» »
В остальных случаях	55	» »

Примечания: 1. В тр-рах более 63 МВ·А в отдельных точках магнитопровода и конструктивных элементов допускается превышение  $t$  поверхности до 85°C, если это превышение не превышает в других режимах, т. е. на несобственных ответвлениях.

2. При нормированной  $t$  воды > 25°C у входа в охладитель  $t$  превышения обмоток должна быть уменьшена на 8°C.

**Допустимые превышения  $t$  отдельных частей сухого тр-ра над  $t$  охлаждающей среды**

Части тр-ра	Превышение $t$ , °С	Метод измерения
Обмотки, класс нагревостойкости по ГОСТ 8865-70		
А	60	По изменению сопротивления пост. току
Е	75	
В	80	
Ф	100	
Н	125	
Поверхность магнитопровода и конструктивных деталей	Не более чем допустимая для соприкасающихся с ним изоляционных материалов	По термометру или термопаре

При установившихся токах к. з. и их длительности  $t$  обмоток, рассчитанная исходя из начальной  $t_n$ , равной сумме максимальной температуры  $t_m$  охлаждающей среды и превышения температуры  $t_{пр}$  обмотки, не должна превышать, °С:

а) для масляных тр-ров и тр-ров с жидким диэлектриком с обмотками из меди . . . . .	250
б) то же с обмотками из алюминия . . . . .	200
в) для сухих тр-ров с обмотками из меди и изоляцией классов нагревостойкости:	
А . . . . .	180
Е . . . . .	250
В, F и Н . . . . .	350
г) то же с обмотками из алюминия и изоляцией классов нагревостойкости:	
А . . . . .	180
Е, В, F, Н . . . . .	200

### Параллельная работа трансформаторов

Тр-ры должны допускать параллельную работу в следующих сочетаниях: двухобмоточных между собой, трехобмоточных между собой на всех трех обмотках, а также двухобмоточных с трехобмоточными, если эксплуатирующей организацией предварительным расчетом установлено, что ни одна из обмоток параллельно соединенных тр-ров не нагружается выше ее нагрузочной способности на тех ответвлениях и в тех режимах, в которых предусматривается параллельная работа.

Тр-ры РПН при дистанционном или местном управлении должны допускать параллельную работу между собой.

При параллельной работе тр-ров РПН с автоматическим управлением на станции или подстанциях д. б. предусмотрены мероприятия, исключающие возможность такого рассогласования ступеней напряжения параллельно работающих тр-ров, которое привело бы к нагрузке обмотки одного из этих тр-ров, превышающей ее нагрузочную способность.

**Условные обозначения тр-ров и автотр-ров:** первая буква указывает на число фаз тр-ров: О — однофазный или Т — трехфазный; вторая буква (одна или две) — вид охлаждения — см. стр. 204; третья буква — число обмоток, работающих на самостоятельные сети, если оно больше двух; Т — трехобмоточный тр-р и Н — тр-ры и автотр-ры, имеющие встроенное регулирование напряжения под нагрузкой (РПН); А — добавляется для обозначения автотр-ра; Р — вторая буква (перед системой охлаждения) — расщепленные обмотки на стороне НН; С — последняя буква в обозначении типа тр-ра для с. н. ЭС с повышенным значением  $u_k$ .

Обозначения для сухих тр-ров — см. стр. 205.  
Числа в обозначении типа: до черты —  $S_n$ , кВ·А; после черты — класс  $U_n$  обмотки ВН.

Трансформаторы трехфазные силовые масляные общего назначения от 25 до 630 кВ · А  
и до 35 кВ включительно (по ГОСТ 12022-76)

Тип	$U_H$ , кВ		Схема и группа соединений обмоток	Потери, Вт			$\mu_k$ , % $U_H$	$I_0$ , % $I_H$	Габаритные размеры, мм			Масса, кг	Переключат. устройство
				х. х.		к. з.			Длина	Ширина	Высота полная		
	уровень												
	ВН	НН		А	В								
ТМ25	6; 10	0,4	У/У <sub>H</sub> -0 У/З <sub>H</sub> -11	130	135	600 690	4,5 4,7	3,2	1120	460	1225	380	ПБВ
ТМ40	6; 10	0,4	То же	175	190	880 1000	4,5 4,7	3,0	1120	480	1270	485	»
ТМ63	6; 10	0,4	» »	240	265	1280 1470	4,5 4,7	2,8	1120	560 (680)	1400	600 620	»
ТМ100	6; 10	0,4	» »	330	365	1970 2270	4,5 4,7	2,6	1200	800 (850)	1470	720 740	»
	35	0,4	» »	420	465	1970 2270	6,5 6,8		1330	900	2200	1300	»
ТМ160	6; 10	0,4 0,69	У/У <sub>H</sub> -0 Д/У <sub>H</sub> -11	510	565	2650 3100	4,5 4,5	2,4	1220	1020	1600	1100 1150	»
ТМФ160	6; 10	0,4	У/З <sub>H</sub> -11	510	565	3100	4,7	2,4	1310	1020	1600	1100	»
ТМ160	35	0,4	У/У <sub>H</sub> -0	620	700	2650	6,5	2,4	1400	1000	2260	1700	»
		0,69	Д/У <sub>H</sub> -11			3100	6,5						
ТМ250	6; 10	0,4	У/З <sub>H</sub> -11	740	820	3100	6,8						
		0,69	То же			3700	4,5	2,3	1310	1050	1760	1425	»
ТМФ250	35	0,4				4200	4,5						
		0,4				4200	4,7					1475	»
		0,69	» »	900	1000	3700	6,5	2,3	1500	1250	2320	2000	»
		0,4				4200	6,5						
		0,4				4200	6,8						

Тип	$U_H$ , кВ		Схема и группа соединений обмоток	Потери, Вт			$\mu_k$ , % $U_H$	$I_0$ , % $I_H$	Габаритные размеры, мм			Масса, кг	Пере- ключат. устрой- ство
	ВН	НН		х. х.		к. з.			Длина	Шири- на	Высота полная		
				уровень									
				А	В								
ТМ400	6; 10	0,4	У/У <sub>H</sub> -0	950	1050	5500	4,5	2,1	1400/1720	1080	1900	1900	ПБВ и РПН
ТМФ400		0,4	Д/У <sub>H</sub> -11			5900							
ТМН400		0,69	Д/У <sub>H</sub> -11			5900							
ТМ400	35	0,4	У/У <sub>H</sub> -0	1200	1350	5500	6,5	2,1	1650	1350	2500	2700	То же
		0,69	Д/У <sub>H</sub> -11			5900							
ТМ630	6; 10	0,4	У/У <sub>H</sub> -0	1310	1560	7600	5,5	2	1750	1275	2100	3000	» »
ТМФ630		0,4	Д/У <sub>H</sub> -11			8500							
ТМН630		0,69	Д/У <sub>H</sub> -11			8500							
ТМ630	35	0,4	У/У <sub>H</sub> -0	1600	1900	7600	6,5	2	2100	1450	2750	3500	» »
		0,69	Д/У <sub>H</sub> -11			8500							
		6,3	У/Д-11			7600							
		11	У/Д-11			7600							РПН

Примечания: 1. Уровень потерь А относится к тр-рам, магнитопроводы которых изготовлены из электротехнической стали с удельными потерями  $P_{1,5/50}$  не более 0,9 Вт/кг, уровень Б —  $P_{1,5/50}$  не более 1,1 Вт/кг.

2. Габаритные размеры и массы относятся к тр-рам ПБВ; для тр-ров РПН, а также тр-ров с усиленными вводами (категория Б) по ГОСТ 9920-75 допускается увеличение габаритных размеров и масс.

3. Габаритные размеры и массы относятся к тр-рам со схемой в группой соединения обмоток У/З<sub>H</sub>-11.

4. Указанный и знаменатель размер относится к тр-рам и исполнению для КТП.

5. Для тр-ров в исполнении для КТП указана длина между фланцами ВН и НН.

6. Для тр-ров с установленным газовым реле допускается увеличение габаритных размеров по длине и высоте на 200 мм.

**Трансформаторы трехфазные силовые масляные общего назначения  
от 1000 до 80 000 кВ·А и до 35 кВ (по ГОСТ 11920-73)**

Тип	$\frac{u_k}{U_H}$ , %	$\frac{I_{X^*}}{I_H}$ , %	Потери, кВт		Габариты, м			Полная масса, т
			х. х	к. з	Полная высота	Длина	Ширина	
ТМ-1000/10	5,5	1,4	2,4	12,2	3	2,7	1,7	5
ТМ-1600/10	5,5	1,3	3,3	18,0	3,4	2,4	2,3	7
ТМ-2500/10	5,5	1,0	4,6	25,0	3,6	3,5	2,3	8
ТМ-4000/10	6,5	0,9	6,4	33,5	3,9	3,9	3,6	13,2
ТМ-6300/10	6,5	0,8	9	46,5	4,1	4,3	3,7	17,3
ТМН-1000/10	5,5	1,4	2,4	12,3	3,4	3,4	2	8
ТМН-1600/10	5,5	1,3	3,3	18,0	3,6	3,4	2	8,5
ТМН-2500/10	5,5	1,0	4,6	25,0	4	3,6	2,2	12,2
ТМН-4000/10	6,5	0,9	6,4	33,5	4	3,9	3,6	16
ТМН-6300/10	6,5	0,8	9	46,5	4,2	4,1	3,6	19
ТМ-1000/35	6,5	1,5	2,7	11,6	3,1	2,7	1,6	6
ТМ-1600/35	6,5	1,4	3,6	16,5	3,4	2,6	2,3	7,1
ТМ-2500/35	6,5	1,1	5,1	23,5	3,8	3,8	2,4	9,6
ТМ-4000/35	7,5	1,0	6,7	33,5	3,9	3,9	3,6	13,2
ТМ-6300/35	7,5	0,9	9,4	46,5	4	4,3	3,7	17,4
ТМН-1000/35	6,5	1,5	2,7	11,6	3,8	3,7	1,8	8,1
ТМН-1600/35	6,5	1,4	3,6	16,5	4	3,7	1,8	9,6
ТМН-2500/35	6,5	1,1	5,1	23,5	4	3,7	3,5	12,3
ТМН-4000/35	7,5	1,0	6,7	33,5	4,2	3,9	3,6	16,3
ТМН-6300/35	7,5	0,9	9,4	46,5	4,4	4,1	3,6	19,5
ТД-10000/35	7,5	0,8	14,5	65	4,3	3,0	3,8	21,8
ТД-16000/35	8,0	0,6	21	90	4,9	3,9	4,0	31,3
ТД-40000/35	8,5	0,4	36	165	5,7	5,3	4,4	52,3
ТДЦ-80000/35	9,5	0,3	60	280	6,1	5,9	4,5	78,6
ТМТН6300/35	—	1,2	12	55	4,5	5,2	4,3	25
ТМТН10000/35	—	1	19	75	5,2	6	4,3	35
ТМТН16000/35	—	0,95	28	115	5,5	6,5	4,5	47

Примечания: 1. ВН (кроме указанных в таблице): 1000; 1600; 2500; 4000 и 6300 кВ·А — 6; 13,8; 15,75; 20 кВ.

2. НН: 1000; 1600; 2500; 4000; 6300 кВ·А — 0,4; 0,525; 0,69; 3,15 и 6,3; 10,5; 11 кВ; 10 000; 16 000; 25 000; 40 000 и 80 000 кВ·А — 6 и 10 кВ. Тр-ры с обмоткой НН 0,525 кВ предназначены только для существующих установок.

3. Для тр-ров 1000—6300 кВ·А масса и полная высота даны без применения ТТ, при применении ТТ, установленных на крышке, полная высота увеличивается на 500 мм, масса — на 400 кг.

Трансформаторы и автотрансформаторы однофазные и трехфазные силовые общего назначения двух- и трехобмоточные классов напряжения 110, 220, 330, 500 и 750 кВ

Тип	$u_k, \% U_H$	$I_{x-x'} \% I_H$	Потери, кВт		Габариты, м			Масса, т	
			х. х	к. з.	Полная высота	Длина	Ширина	общая	масла
<b>Двухобмоточные повышающие тр-ры ПБВ 110 кВ</b>									
ТД-40000/110	10,5	0,7	42	175	6	7,3	5	70,5	16,4
ТД-80000/110	10,5	0,6	89	315	6,6	7,7	4,8	101,6	20,5
ТДЦ-80000/110	10,5	0,6	70	315	6,9	6,7	4,3	96	15
ТДЦ-125000/110	10,5	0,55	100	520	7,2	7,4	5,1	128	18,7
ТДЦ-200000/110	10,5	0,50	170	550	7,1	7,6	3,6	187	27,3
ТДЦ-250000/110	10,5	0,50	170	640	6,7	14	6,9	182	22,5
ТДЦ-400000/110	10,5	0,45	320	900	7,8	14,6	8,5	297	49
<b>Двухобмоточные тр-ры РПН 110 кВ</b>									
ТМН-2500/110	10,5	1,5	6,5	22	4,1	4,6	3,5	24	10,2
ТМН-6300/110	10,5	1	13	49	5,3	6	4,3	38,4	14,6
ТДН-10000/110	10,5	0,85	18	60	5,5	6,3	3,7	43,4	15
ТДН-16000/110	10,5	0,7	26	90	5,8	6,9	4,4	52	17
ТРДН-25000/110	10,5	0,75	36	120	5,8	6,6	4,6	67,2	20
ТРДН-32000/110	10,5	0,70	44	145	5,9	7,5	4,7	75	23
ТРДН-40000/110	10,5	0,65	50	170	6,3	7,3	5	94	30
ТРДЦН-63000/110	10,5	0,6	70	245	6,5	8,9	4,2	105	28,5
ТРДЦН-80000/110	10,5	0,55	89	310	—	—	—	—	—
ТРДЦН-125000/110	11	0,55	120	400	7,6	8,4	5,1	158,6	32,7
<b>Трехобмоточные тр-ры РПН 110 кВ</b>									
ТМТН-6300/110	} ВН-СН 10,5 ВН-НН 17 СН-НН 6	1,2	17	60	5,4	6,3	4,4	45,6	17
ТДТН-10000/110		1,1	23	80	6,2	7,2	3,8	57	21,4
		6							

Продолжение

Тип	$u_k, \% U_H$	$I_{x-x'} \% I_H$	Потери, кВт		Габариты, м			Масса, т	
			х. х	к. з.	Полная высота	Длина	Ширина	общая	масла
<b>Двухобмоточные повышающие тр-ры ПБВ 220 кВ</b>									
ТД-80000/220	11	0,6	105	320	6,9	8,9	5,1	158	45,7
ТДЦ-200000/220	11	0,45	200	580	7	12,6	6	195	39
ТДЦ-250000/220	11	0,45	240	650	8,7	11,6	4,5	255	41,7
ТДЦ-400000/220	11	0,4	330	880	8	14,6	8,5	297	50,5
ТЦ-630000/220	12,5	0,35	380	1300	8	13,8	6,7	477	—
<b>Трехобмоточные тр-ры РПН 220 кВ</b>									
ТДТН-25000/220	} ВН-СН 12,5 ВН-НН 24 СН-НН 10,5	1,2	50	135	8	10,2	5,2	114,3	—
ТДТН-40000/220		1,1	66	240	6,7	9,5	5,4	126,5	43
ТДЦТН-63000/220		1	91	320	7,7	9	4,8	151,8	41,5
<b>Трехобмоточные автотр-ры РПН 220 кВ</b>									
АТДЦТН-125000/220	ВН-СН 12	0,5	88	290	8	13,1	6	187	—
АТДЦТН-200000/220	ВН-НН 31	0,5	125	430	8,1	13,6	6	255	—
	СН-НН 19								

Тип	$\mu_k, \% U_H$	$\frac{I_{x-x'}}{\% I_H}$	Потери, кВт		Габариты, м			Масса, т	
			х. х	к. з.	Полная высота	Длина	Ширина	общая	масла
Двухобмоточные повышающие тр-ры 330 кВ									
ТЦ-630000/330	11	0,27	345	1300	9,1	14,8	5,2	450	—
ТЦ-1000000/330	11,5	0,3	480	2200	9,3	14,7	5,2	515	—
Двухобмоточные повышающие тр-ры 500 кВ									
ТЦ-400000/500	12,6	0,4	350	800	10,6	12,1	7,7	410	—
ТЦ-630000/500	14	0,35	500	1300	9,9	12,8	6	484	—
ОРЦ-417000/500	} ВН-НН 13	0,3	255	1180	10,2	11,4	4,7	361	—
ОРЦ-533000/500		НН <sub>1</sub> -НН 22	0,3	300	1250	10,1	11,5	4,5	337 (транспортируемая)
Трехобмоточные автотр-ры 330 кВ									
АТДЦТН-200000/330	—	—	—	—	9,4	14,3	6,3	—	—
Трехобмоточные автотр-ры 500 кВ									
АТДЦТН-250000/500	ВН-СН 10,5; ВН-НН 24; СН-НН 13	0,45	270	550	10	16,9	6,8	338	—
АОДЦТН-167000/500	} ВН-СН 9,5	0,4	125	325	9,7	10,5	6,1	185	—
АОДЦТН-267000/500		ВН-НН 29	0,35	160	420	10,1	11,5	6	241
Трехобмоточные автотр-ры 750 кВ									
АОДЦТН-330000/750	ВН-СН 10	0,35	250	580	11,3	15,7	9,1	352	—
АОДЦТН-417000/750	ВН-СН 11,5	0,1	135	730	11,3	16,8	9	330	—

**Сочетание напряжений обмоток тр-ров.**

Класс 110 кВ. Двухобмоточные ТД и ТДЦ: ВН — 121 кВ; НН — 3,15; 6,3; 10,5; 13,8; 20 кВ; ТМН и ТДН: ВН — 115 кВ; НН — 6,6; 11; 22; 38,5 кВ. Двухобмоточные с расщепленной обмоткой НН ТРДЦН: ВН — 115 кВ; НН<sub>1</sub> и НН<sub>2</sub> — 6,3 — 6,3; 10,5 — 10,5; 6,3 — 10,5 кВ. Трехобмоточные ТМТН и ТДТН: ВН — 115 кВ; СН — 11; 22; 38,5 кВ; НН — 6,6; 10,5; 11 кВ.

Класс 220 кВ. Двухобмоточные ТД, ТДЦ и ТЦ: ВН — 242 кВ; НН — 10,5; 13,8; 15,75; 20 кВ. Трехобмоточные ТДТН: ВН — 230 кВ; СН — 22; 27,5; 38,5 кВ; НН — 6,6; 11; 27,5 кВ. Трехобмоточные автотр-ры АДЦТН: ВН — 230 кВ; СН — 121 кВ; НН — 6,6; 11; 13,8; 38,5 кВ.

Класс 330 кВ. Двухобмоточные ТЦ: ВН — 347 кВ; НН — 15,75; 20; 24 кВ.

Класс 500 кВ. Двухобмоточные ТЦ: ВН — 525 кВ; НН — 13,8; 15,75; 20; 24; 36,7 кВ. Однофазные ОРЦ с расщепленной обмоткой НН: ВН — 525/ $\sqrt{3}$  кВ; НН<sub>1</sub> и НН<sub>2</sub> — 18 — 18; 24 — 24; 24 — 24/ $\sqrt{3}$  кВ. Трехобмоточные автотр-ры АДЦТН: ВН — 500 кВ; СН — 121 кВ; НН — 11; 38,5 кВ. Трехобмоточные однофазные автотр-ры АОЦТН: ВН — 500/ $\sqrt{3}$  кВ; СН — 230/ $\sqrt{3}$  кВ; НН — 10,5; 11 кВ.

Класс 750 кВ. Однофазные трехобмоточные автотр-ры АОЦТН: ВН — 750 кВ; СН — 330 кВ; НН — 15,75.

В тр-рах с расщепленной обмоткой НН мощность обмотки ВН — 100%, а мощность обмоток НН<sub>1</sub> и НН<sub>2</sub> — 50% полной мощности тр-ра.

**Трансформаторы силовые трехфазные с естественным воздушным охлаждением (С) общего назначения от 10 до 160 кВ · А, до 660 В (по ГОСТ 18619-73)**

Тип	$I_{к \cdot х} \cdot I_{н} \cdot \%$	Потери, Вт		Габариты, мм			Полная масса, кг
		х. х	к. з.	Высота	Длина	Ширина	
ТСЗ-10/0,66	7	90	280	650	700	440	150
ТСЗ-16/0,66	5,8	125	400	680	760	480	180
ТСЗ-25/0,66	4,8	180	560	720	820	520	240
ТСЗ-40/0,66	4	250	800	820	890	540	320
ТСЗ-63/0,66	3,3	355	1090	920	970	580	440
ТСЗ-100/0,66	2,7	500	1500	980	1060	620	580
ТСЗ-160/0,66	2,3	710	2060	1150	1150	680	800

Примечание.  $u_k = 4,5\% U_n$ .

Сочетание напряжений: ВН — 380, 500, 660; НН — 230, 400 В.  $U_n = 500$  В применяется для существующих установок.

Трансформаторы силовые трехфазные герметичные масляные и с негорючим жидким диэлектриком от 250 до 2500 кВ·А и до 10 кВ для КТП (по ГОСТ 16555-75)

Марка тр-ра	$S_{H^*}$ кВ·А	$U_H$ , кВ		$u_{к.} \%$ $U_H$	$I_{х.} \%$ $I_H$	Потери, кВт		Схема и группа соединения обмоток	Габаритные размеры, м, не более			Полная масса, т, не более
		ВН	НН			х. х	к. в.		Полная высота	Длина	Ширина	
ТМЗ/ТНЗ	250	6; 10	0,4	4,5	2,3	0,78	3,7	У/У <sub>H</sub> -0	1,75	1,8	1,4	1,7/2
ТМЗ/ТНЗ	400	6; 10	0,4	4,5	2,1	1,1	5,5	У/У <sub>H</sub> -0	1,86	2	1,4	2,1/2,6
ТМЗ/ТНЗ	630	6; 10	0,4	5,5	1,8	1,7	7,6	У/У <sub>H</sub> -0	2	2,19	1,4	2,9/3,4
ТМЗ/ТНЗ	1000	6; 10	0,4; 0,69	5,5	1,4	2,4	12,2	Д/У <sub>H</sub> -11	2,3	2,32	1,5	4,5/5,6
ТМЗ/ТНЗ	1600	6; 10	0,4; 0,69	5,5	1,3	3,3	18	Д/У <sub>H</sub> -11	2,7	2,56	1,6	6,5/8
ТМЗ/ТНЗ	2500	6; 10	0,4; 0,69	5,5	1	4,6	24	Д/У <sub>H</sub> -11	2,9	2,9	1,8	10/12

ГОСТ 16555-75 распространяется на стационарные двухобмоточные понижающие тр-ры с переключением ответвлений без возбуждения (ПВБ) на стороне ВН  $\pm 2 \times 2,5\%$ , климатических исполнений У и ХЛ, категорий размещения 1 и 3. Для ТНЗ полная масса указана при заполнении совтолом 10.

**Трансформаторы силовые трехфазные с естественным воздушным охлаждением (С) общего назначения (по ГОСТ 14074-68)**

Тип	$u_k^*$ , % $U_k$	$I_{х.х}^*$ , % $I_H$	Потери, кВт		Габариты, м			Мас- са*, т
			х. х *	к. з. *	Дли- на *	Шири- на *	Высо- та *	
ТСЗ-160	5,5; 5	4	0,7	2,7	1,8	0,95	1,7	1,4
ТСЗ-250	5,5; 8	3,5; 4	1; 1,1	3,8; 4,4	1,8; 2,3	1; 1,2	1,8; 1,8	1,8; 2,2
ТСЗ-400	5,5; 8	3; 3,5	1,3; 1,4	5,4; 6	2,2; 2,4	1; 1,2	2,1; 2,1	2,4; 2,7
ТСЗ-630	5,5; 8	3; 3,5	2; 2,3	7,3; 8,7	2,2; 2,4	1,1; 1,3	2,3; 2,3	3,4; 4
ТСЗ-1000	5,5; 8	2,5; 3	3; 3,2	11,2; 12	2,4; 2,5	1,3; 1,3	2,5; 2,7	4,6; 5
ТСЗ-1600	5,5; 8	2,5; 3	4,2; 4,3	16; 16	2,6; 2,6	1,3; 1,3	3,2; 3,2	6,5; 6,8

\* Второе число относится к тр-рам с ВН 13,8 и 15,75 кВ.

ГОСТ распространяется на стационарные защищенного исполнения с обмоткамн из алюминиевого провода со стеклянной изоляцией класса нагревостойкости В понижающие трехфазные двухобмоточные силовые тр-ры внутренней установки общего назначения, а также на тр-ры специального конструктивного исполнения для КТП.

Сочетание напряжений: ВН—6; 10; 13,8; 15,75 кВ; НН—0,23; 0,4; 0,69 кВ.

**Номинальные мощности трехфазных трансформаторов и автотрансформаторов, кВ·А**

10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500; 4000; 6300; 10 000; 16 000; 25 000; 32 000; 40 000; 63 000; 80 000; 100 000; 125 000; 160 000; 200 000; 250 000; 320 000; 400 000; 500 000; 630 000; 800 000; 1 000 000.

**Распределение трансформаторов по габаритам**

- I — до 35 кВ — 25—100 кВ·А;
- II — до 35 кВ — 160—630 кВ·А;
- III — до 35 кВ — 1000—6300 кВ·А;
- IV: а) 35 кВ — 10 000 — 80 000 кВ·А;
- б) 110 кВ — 2500—80 000 кВ·А;
- V: а) 110 кВ — 125 000—200 000 кВ·А;
- б) тр-ры и автотр-ры 150, 220 и 330 кВ независимо от мощности;
- VI — тр-ры и автотр-ры 400, 500 и 750 кВ независимо от мощности.

Двухобмоточные

У/У<sub>н</sub>-0 (ВН 6 — 35 кВ; НН 0,23 — 0,69 кВ);  
 У/Д-11 (ВН 6 — 35 кВ; НН 0,69—11 кВ);  
 У<sub>н</sub>/Д-11 (ВН 6—500 кВ; НН 0,23—38,5 кВ);  
 У/З<sub>н</sub>-11 (ВН 6—35 кВ; НН 0,23—0,69 кВ);  
 Д/У<sub>н</sub>-11 (ВН 6—20 кВ; НН 0,4—0,69 кВ).  
 Д/Д-0

Двухобмоточные  
с расщепленной обмоткой НН

У<sub>н</sub>/Д-Д-11-11;  
 Д/Д-Д-0-0.

Трехобмоточные

У<sub>н</sub>/У<sub>н</sub>/Д-Д-11 (ВН 110—220 кВ; СН 22 кВ; НН 6,6—10,5 кВ);  
 У/Д/Д-11-11 (ВН 110—500 кВ; СН 10,15—22 кВ; НН 6,6—10,5 кВ).

Тр-ры на эл. станциях принимаются трехфазными. В крайних случаях допускается применение группы из однофазных тр-ров или предпочтительно группы из двух трехфазных тр-ров. Для группы из однофазных тр-ров, устанавливаемых в блоке с СГ, резервная фаза предусматривается при количестве фаз 9 и более.

Число тр-ров (автотр-ров), устанавливаемых на подстанциях всех категорий, принимается, как правило, не более двух.

Выбор мощности тр-ров (автотр-ров) производится таким образом, чтобы при выходе из работы наиболее мощного из тр-ров оставшиеся обеспечивали питание нагрузки во время ремонта или замены этого тр-ра с учетом допустимой перегрузки оставшихся в работе, а также резерва по сетям СН и НН.

При установке двух тр-ров и отсутствии резервирования по сетям СН и НН мощность каждого из них выбирается равной 0,65—0,7 суммарной максимальной нагрузки подстанции на расчетный уровень 5 лет, считая с года ввода первого тр-ра.

При наличии двух средних напряжений два тр-ра, имеющие разные СН, как правило, подключаются на стороне ВН к общему выключателю, количество выключателей со стороны НН и СН выбирается в зависимости от местных условий. В первую очередь при установке по одному тр-ру с разными СН они подключаются на стороне НН через отдельные выключатели.

Для питания потребителей 35, 10 или 6 кВ местного района на подстанции с автотр-рами 220 кВ должны предусматриваться трехобмоточные тр-ры 35/10/6 кВ.

Применение однострансформаторных подстанций возможно в следующих случаях: а) при 100%-ном резервировании эл. приемников I и II категории по сетям СН и НН; при этом для эл. приемников I категории д. б. обеспечено АВР питания;

б) для питания эл. приемников III категории, когда по состоянию подъездных дорог, по мощности и массе тр-ров замена поврежденного тр-ра возможна в течение не более одних суток и при наличии централизованного резерва.

Тр-ры и автотр-ры с ВН до 500 кВ включительно устанавливаются трехфазными.

При наличии транспортных ограничений допускается применение двух спаренных трехфазных тр-ров или автотр-ров.

При невозможности получения трехфазных тр-ров (автотр-ров) необходимой мощности применяются группы из двух спаренных трехфазных тр-ров меньшей мощности или группы из однофазных тр-ров. Выбор варианта производится на основе технико-экономического сравнения.

При одной группе однофазных тр-ров предусматривается резервная фаза, которая присоединяется взамен вышедшей из строя при помощи перемычек при снятом напряжении; при двух группах необходимость резервной фазы определяется на основании технико-экономических расчетов с учетом резерва по сетям СН. При установке двух групп и резервной фазы замена вышедшей из строя осуществляется перекаткой.

Тр-ры (автотр-ры) принимаются с РПН, когда необходимость РПН обоснована в схеме развития эл. сетей системы или района для обеспечения поддержания необходимых режимов напряжения и качества электропитания потребителей.

Установка отдельных вольтодобавочных тр-ров допускается при отсутствии тр-ров или автотр-ров с РПН.

При питании потребителей от третичных обмоток автотр-ров следует предусматривать установку линейных регулировочных тр-ров для независимого регулирования напряжения; необходимость их установки обосновывается в проекте эл. сети с учетом режима напряжения.

Подстанции 35—110 кВ с двухобмоточными тр-рами и предохранителями на стороне ВН могут применяться при условии обеспечения селективности работы предохранителей и РЗ линий ВН и НН и надежной защиты тр-ров. Подстанции с отделителями на стороне ВН могут применяться как с короткозамыкателями, так и с различными системами передачи отключающего импульса.

На подстанциях промпредприятий в основном применяются двухобмоточные тр-ры и тр-ры с расщепленными обмотками (ударные нагрузки, снижение токов к. з. и наличие вторичных цепей 6 и 10 кВ).

Включение тр-ра в сеть производится толчком на полное напряжение. Тр-ры, работающие по схеме блока с СГ, можно включать в сеть вместе с СГ подъемом напряжения с нуля или толчком.

Включение тр-ров на номинальную нагрузку допускается:

а) с системами охлаждения М и Д при любой отрицательной  $t$  воздуха;

б) с системами охлаждения типа ДЦ и Ц при  $t$  окружающего воздуха не ниже  $-25^{\circ}\text{C}$ ; при более низких  $t$  тр-р д. б. предварительно прогрет включением под нагрузку  $0,55 S_n$  без запуска системы циркуляции масла до достижения  $t$  верхних слоев масла  $-25^{\circ}\text{C}$ , после чего включается циркуляция масла. В аварийных условиях допускается включение тр-ра на полную нагрузку независимо от  $t$  окружающего воздуха.

Переключающие устройства РПН тр-ров разрешается включать в работу при  $t$  верхних слоев масла  $-20^{\circ}\text{C}$  и выше, а переключающие устройства с контактором, расположенным на опоре изолятора в виде бака тр-ра и оборудованным искусственным подогревом, — при  $t$  окружающего воздуха  $-45^{\circ}\text{C}$  и выше.

У тр-ров с охлаждением Д при аварийном отключении всех вентиляторов допускается работа с номинальной нагрузкой в зависимости от  $t$  окружающей среды в течение времени:

$t$ окружающего воздуха, °С	.....	-15	-20	0	+10	+20	+30
Допустимая длительность работы, ч		60	40	16	10	6	4

У тр-ров и реакторов с охлаждением ДЦ и Ц допускается:

а) при прекращении искусственного охлаждения работа с  $S_n$  в течение 10 мин или режим х. х. для тр-ров в течение 30 мин. Если по истечении указанного времени  $t$  верхних слоев масла не достигла +80°C для тр-ров до 250 МВ·А включительно и реакторов и +75°C для тр-ров свыше 250 МВ·А и реакторов, то допускается дальнейшая работа с  $S_n$  до достижения указанных  $t$ , но не более 1 ч;

б) при полном или частичном отключении вентиляторов или прекращении циркуляции воды с сохранением циркуляции масла допускается продолжительная работа со сниженной нагрузкой при  $t$  верхних слоев масла не выше 45°C.

Нейтрали обмоток 110 кВ и выше автотр-ров и реакторов, а также трехобмоточных тр-ров 220 кВ и всех тр-ров 330 кВ и выше должны работать в режиме глухого заземления.

При присоединении к линии 110—220 кВ ответвлениями нескольких подстанций и при наличии на одной или нескольких из них питания со стороны СН или НН необходимо обеспечивать постоянное заземление нейтрали не менее чем у одного из присоединенных к линии тр-ров.

Нейтрали обмоток 110—220 кВ тр-ров, у которых испытательные напряжения изоляции соответствуют требованиям ГОСТ 1516-73 и которые в процессе эксплуатации м. б. изолированы от земли, д. б. защищены вентиляемыми разрядниками.

При наличии питания со стороны СН и НН тр-ров, имеющих изолированную нейтраль обмотки ВН, время, в течение которого на нейтраль может иметь место  $U_{ф}$ , д. б. ограничено уставкой РЗ и автоматически действующими аппаратами до 5 с.

#### Аварийная перегрузка трансформаторов

В аварийных режимах допускается кратковременная перегрузка тр-ров сверх  $S_n$  при всех системах охлаждения независимо от длительности и значения предшествующей нагрузки и  $t$  охлаждающей среды в следующих пределах:

#### Масляные тр-ры

Перегрузка по току, %	.....	30	45	60	75	100
Длительность перегрузки, мин	.....	120	80	45	20	10

#### Сухие тр-ры

Перегрузка по току, %	.....	20	30	40	50	60
Длительность перегрузки, мин	.....	60	45	32	18	5

Допускается перегрузка тр-ров сверх  $S_n$  до 40% на время максимума общей продолжительностью не более 6 ч в сутки в течение 5 сут подряд при условии, что коэффициент начальной нагрузки не более 0,93. При этом д. б. использованы полностью все устройства охлаждения тр-ра.

### Нормы простоя трансформаторов и автотрансформаторов в планово-предупредительных ремонтах

Мощность тр-ра, кВ·А	$U_{н}$ , кВ	Простой	
		в капремонте, календарные сутки	в текущем ремонте, ч
До 4000	До 35	4	6
4001—10 000		6	8
10 001—25 000		9	10
25 001—63 000		10	10
До 10 000	До 150	9	12
10 001—25 000		10	12
25 001—63 000		16	12
63 001—125 000		18	12
125 001—250 000		20	14
250 001—400 000		22	14
До 40 000	220	12	12
40 001—100 000		16	12
100 001—250 000		22	13
250 001—400 000		26	15
400 001—630 000		30	15
125 000—250 000	330	28	14
250 001—400 000		30	15
До 125 000	500	38	18
125 001—400 000		40	18

- Примечания: 1. Нормы простоя относятся к тр-рам с ПВВ.  
 2. При капремонте тр-ров с РПН нормы простоя увеличиваются на 10%, но не менее чем на 2 сут против указанных в таблице.  
 3. При ремонте тр-ров в эл. сетях нормы простоя увеличиваются на 20% против указанных в таблице.  
 4. Сроки простоя в капремонте тр-ра 500 кВ включают и время, необходимое на прогрев и сушку. Для остальных тр-ров сроки простоя давы без учета времени, необходимого на их сушку.

Капремонт главных тр-ров эл. ставций и подстанций и основных тр-ров с. н. и автотр-ров производится: первый — не позже чем через 8 лет после ввода в эксплуатацию, последующие — по мере необходимости в зависимости от результатов измерений и их состояния. Капремонты и текущие ремонты остальных тр-ров производятся в соответствии с ПТЭ и местными инструкциями.

Срок службы тр-ров — 25 лет.

## Однофазные сварочные трансформаторы с естественным охлаждением

Тип	ТД-300	ТД-500	ТШС-1000-1	ТДФ-1001	ТДФ-1601
$U_H$ питающей сети, В			220 или 380		
$I_H$ , А	315	500	1000	1000	1600
Пределы регулирования $I$ , А	70—365	100—560	—	400—1200	600—1800
$U_{x.x}$ , В	61—79	60—76	80	73	94—105
$U_H$ вторичное, В	32	40	56	44	60
$P_H$ , кВ·А	19,4	32	56	82	182
Габариты, мм	692×620×710	570×720×835	980×690×1150	1200×830×1200	1200×830×1200
Масса, кг	137	210	510	740	1000

# АППАРАТЫ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

**Предельно допустимые превышения температуры аппаратов переменного тока свыше 1000 В (по ГОСТ 8024-69)**

Наименование частей аппарата	Превышение температуры, °С, при температуре окружающего воздуха +35°С	
	в воздухе	в масле
Токоведущие и нетоковедущие металлические части, неизолированные и не соприкасающиеся с изоляционными материалами	85	55
Токоведущие и нетоковедущие металлические части, изолированные или соприкасающиеся с изоляционными материалами, а также детали из изоляционных материалов. При изоляционных материалах классов нагревостойкости (по ГОСТ 8865-70):		
У	45	—
А	60	55
Е	70	55
В, F, H и С	85	55
Масло трансформаторное в верхнем слое:		
при использовании в качестве дугогасящей среды	—	45
при использовании в качестве только изолирующей среды	—	55
Контактные соединения из меди, алюминия или их сплавов без покрытия, с нажатием болтами, винтами, заклепками и другими способами, обеспечивающими жесткость соединения	45	45
Контактные соединения из меди или ее сплавов без покрытия с нажатием пружинами	40	40
Выводы аппаратов, предназначенные для соединений с подводными проводами, с нажатием болтами, винтами или другими способами, обеспечивающими жесткость соединения без покрытия	45	—

### Выключатели переменного тока

Тип	I <sub>н</sub> , А	I отключ., кА	Р отключ., МВ·А	I ударный, кА	I термич. стойкости 10 с, кА	Тип привода	Масса (три полюса), кг	
							без масла	масло

#### Масляные выключатели внутренней установки

##### Малообъемные выключатели

ВМЭ-6-200	200	4	50	10	4	ПМ, ПРБА	64	—
ВМЭ-10-50	200	2,9	50	12,4	3,4	ПМ, ПРБА	60	18
ВММ-10	630	10	150	26	10 (4 с)	Встроенный пружинный	90	3,5
ВМГ-10	1000	20	400	52	14	ПЭ-11, ПП-67	135	4,5
ВМП-10	1000	20	350	64	20	ПЭ-11	145	4,5
ВМПЭ-10	3200	29	500	75	29	ПЭВ-12	400	8
ВМПП-10	1000	20	—	52	20 (4 с)	Встроенный пружинный	230	6
МГ-10	5000	105	1800	300	70	ПС-31	2100	55
МГГ-10	4000	63	500	170	64	ПЭ-21А	900	40
МГ-20	6000	87	3000	300	85	ПС-31	2400	55
ВМПП-35	1000	16	—	41	16 (4 с)	Встроенный пружинный	380	10
С-35-630	630	10	—	26	10	ШПЭ-12	930	230

Тип	I <sub>н</sub> , А	I отключ., кА	Р отключ., МВ·А	I ударный, кА	I термич. стойкости 10 с, кА	Тип привода	Масса (три полюса), кг	
							без масла	масло

#### Масляные выключатели наружной установки

##### Малообъемные выключатели

ВМК-35	1000	16	1000	45	11,7	Пневматический	710	100
ВМК-110	2000	25	5500	50	21,5 (4 с)	»	4500	600
ВМК-220	2000	25	11 000	70	27 (3 с)	»	13 000	1300
ВМК-330	2000	25	16 500	70	27 (3 с)	»	25 000	4000

##### Вакуумные выключатели

С-35-3200-50	3200	50	—	26	50 (4 с)	ШПЭ-38	3950	1040
ВМ-35	600	6,6	400/230	17,3	7,1	ПРБА	990	300
ВБ-35-600	600	9,9	600/340	26	7,1	ПРБА	1100	300
МКП-35-1000-25	1000	25	1500	63	25 (4 с)	ШПЭ-31	2700	800
У-35-2000-40	2000	40	2500	102	40 (4 с)	ШПЭ-36	3000	900
МКП-110-1000/630-20	1000	20	5000	52	20 (3 с)	ШПЭ-33	8900	8000
У-110-2000-40	2000	40	11 000	105	40	ШПЭ-44	11 300	8000
У-220-1000/2000	2000	25	—	64	25	ШПЭ-34	28 000	27 000

##### Электромагнитные выключатели

ВЭМ-6	2000	40	300	125	40 (4 с)	ПЭ-22	980	—
ВЭМ-10К	1000	12,5	250	52	20 (4 с)	ПЭГ-7	670	—

##### Вакуумные выключатели

ВНВ-10	320	2	—	40	20 (0,3 с)	Электромагнитный	170	—
--------	-----	---	---	----	------------	------------------	-----	---

Тип	I <sub>н</sub> , А	I отключ., кА	P отключ., МВ·А	I ударный, кА	I термич. стойкости 10 с, кА	Ном. давл. воздуха, МПа	Расход воздуха (на три полюса), л			Емкость резервуара (на три полюса), л	Масса, кг
							на отключ.	на включ.	на АПВ		

## Воздушные выключатели внутренней установки

ВВ-15	6000	85	2000	250	105 (3 с)	2	1200	800	—	400	3000
ВВ-20	12 000	115	4000	295	115 (4 с)	2	13 500	500	—	2400	9300
ВВ-35	1250	20	—	52	20 (4 с)	2	—	—	—	—	—

## Воздушные выключатели наружной установки

ВВУ-35	2000, 3200	40	2400	100	40 (4 с)	2	4000	1000	1800	200	8000
ВВН-35-2	2000	33	2000	84	33 (4 с)	2	5600	600	10 000	2000	3500

## Выключатели с закрытым воздухом наполненным отделителем

ВВН-110-6	2000	31,5	6000	80	31,5 (3 с)	2	11 000	—	20 000	3900	8400
ВВН-154-8	2000	31	8000	78	30,8 (3 с)	2	17 000	—	31 000	6150	12 150
ВВН-220-10	2000	26,2	10 000	67	26,2 (3 с)	2	17 000	—	31 000	6150	14 550
ВВ-330-Б	2000	26	15 000	65	26 (5 с)	2	45 000	—	70 000	15 400	35 000
ВВ-500-Б	2000	29	20 000	73	29 (5 с)	2	65 000	—	106 000	22 440	48 000

Тип	I <sub>н</sub> , А	I отключ., кА	P отключ., МВ·А	I ударный, кА	I термич. стойкости 10 с, кА	Ном. давл. воздуха, МПа	Расход воздуха (на три полюса), л			Емкость резервуара (на три полюса), л	Масса, кг
							на отключ.	на включ.	на АПВ		

## Выключатели с дугогасительной металлической камерой

ВВУ-35	2000	40	2400	100	40	2	4000	—	7400	1500	7500
ВВБМ-110	2000	31,5	6000	90	35	2	4500	—	7800	1500	7500
ВВБ-220	2000	31,5	12 000	80	31,5	2	9000	—	15 000	3000	15 400
ВВБ-330	2000	35	20 000	90	35	2	18 000	—	35 000	6000	36 000
ВВБ-500	2000	35,5	30 000	90	35	2	27 000	—	50 000	9000	63 000
ВВБ-750	3200	40	35 000	90	40	2	42 000	—	78 000	12 000	90 000

Примечание. В обозначении типа: масляные выключатели: В — выключатель; Б — баковый; Г — горшковый; вторая буква Г — генераторный; Д — с электромагнитным приводом; К — колонковый; М — масляный; О — однополюсный; П — подвесной; МКП — подстанционный; У — усиленный; У-35, У-110, У-220 — тип «Урал» — баковый подстанционный; Э — встроенный электромагнитный привод; воздушные выключатели: В — с дугогасительной металлической камерой; В — воздушный выключатель; Н — наружной установки с газонаполненным отделителем.

Наименьшее допустимое  $R_{из}$  подвижных и направляющих частей, выполненных из органических материалов МВ:

$U_{н}$ , кВ	3—10	15—150	220—500
$R_{из}$ , МОм	1000	3000	5000

$R_{из}$  опорной изоляции и изоляции подвижных частей ВВ:

Опорный изолятор, воздухопровод и тяга (каждое в отдельности), изготовленные из фарфора	} $U_{н}$ , кВ	До 15	20—35	110 и выше
		$R_{из}$ , МОм	До 1000	5000
Тяга, изготовленная из органических материалов	$R_{из}$ , МОм	—	3000	—

### Выбор выключателей на подстанциях

- В ЗРУ всех напряжений: ВВ или малообъемные МВ.
- В РУ 330 кВ и выше: ВВ.
- В РУ 220 кВ: а) ВВ, когда на подстанции имеются РУ 330 кВ и выше с ВВ или установка их определяется требованиями устойчивости электропередач; б) баковые и малообъемные МВ во всех остальных случаях.
- В РУ 110 и 150 кВ подстанций с ВН 220 кВ: а) малообъемные МВ в тех случаях, когда РУ 220 кВ оборудуются ВВ; б) баковые МВ в тех случаях, когда РУ 220 кВ оборудуются баковыми МВ, а также когда отсутствуют малообъемные МВ с соответствующей отключающей мощностью.
- В РУ 110 и 35 кВ на подстанциях с ВН 110 кВ: а) малообъемные МВ 110 кВ; б) малообъемные МВ 35 кВ в тех случаях, когда РУ 110 кВ оборудуются малообъемными МВ; в) баковые МВ, когда отсутствуют малообъемные МВ соответствующей отключающей мощности.

### Компрессорные установки

Параметры	Тип	
	КУЭ-60/40М	ВЩ-3/40М
Производит., м <sup>3</sup> /ч	60	180
Конечное давление сжатия, МПа	4	4
Мощн. эл. дв. (компрессора/вентилятора), кВт	13/0,8	40/2,2
Воздухосорники: дав., МПа/емкость, м <sup>3</sup>	4/3 или 5/3	4/5
Масса компрессорного агрегата, кг	945	1600
Материал труб: воздухопроводной распределительной сети	Сталь	
между распределительным шкафом и выключателем	Медь или другой противокоррозионный металл	

### Выключатели нагрузки

Тип	$U_{н}$ , кВ	$I_{н}$ , А	$I_{откл}$ , А	Тип предохранителя: $I_{н}$ патрона, А
ВН <sub>3</sub> -16УЗ	6	400	800	—
	10	200	400	—
ВНП <sub>3</sub> -16УЗ	3	200	400	ПКЗ; 60 до 200
ВНП <sub>3</sub> -16УЗ	6	—	—	ПК6; 50—80
ВНП <sub>3</sub> -17УЗ	6	—	—	ПК6; 50—80
ВНП <sub>3</sub> -16УЗ	10	—	—	ПК10; до 32, 40, 50
ВНП <sub>3</sub> -17УЗ	10	—	—	ПК10; 32—80

Примечания: 1. Динамическая стойкость ножей заземления к сквозным токам к. з. такая же, как и динамическая стойкость полюсов выключателя. 2. Выключатели нагрузки: ВН (без предохранителей) — отключение и включение токов нагрузки, ВНП с кварцевыми предохранителями — отключение токов к. з.; ВНП<sub>3</sub> — с заземляющими ножами.

### Отделители, короткозамкватели и заземлители наружной установки (однополюсные)

Тип	Ток электродинамич. стойкости, кА	Ток термич. стойкости (10 с), кА	Тип привода	Масса полюса, кг
-----	-----------------------------------	----------------------------------	-------------	------------------

#### Отделители

ОД-35-630	80	12	ШПОМ	70
ОДЗ-1-35-630	80	12	ШПОМ и ПРН-110М	73
ОДЗ-2-35-630	80	12	ШПОМ и ПРН-110М	76
ОД-110М-630	80	12	ШПОМ	162
ОДЗ-1-110М-630	80	12	ШПОМ и ПРН-110М	190
ОДЗ-2-110М-630	80	12	ШПОМ и ПРН-110М	204
ОД-150М-630	80	13	ШПОМ	507
ОД-150М-1000	80	13	ШПОМ	512
ОД-220М-630	80	13	ШПОМ	530
ОД-220М-1000	80	13	ШПОМ	534
ОЭ-110-1000	70	27 (3 с)	ППО	—
ОЭ-220-1000	70	27 (3 с)	ППО	—

#### Короткозамкватели

КЗ-35	42	18	ШПКМ	60
КЗ-110	34	18	ШПКМ	89
КЗ-220	34	16,5	ШПКМ	215
КЭ-110	—	—	ППК	230
КЭ-220	—	—	ППК	550

Тип	Ток электродинамич. стойкости, кА	Ток термич. стойкости (10 с), кА	Тип привода	Масса пелоса, кг
-----	-----------------------------------	----------------------------------	-------------	------------------

**Заземлители**

ЗОН-110М-I-400	200	4	ПРНУ-10	87
ЗОН-110М-II-400	200	4	ПРНУ-10	58
ЗОН-110У-I-400	—	6,3	ПРНУ-10	134
ЗОН-110У-II-400	—	6,3	ПРНУ-10	102
ЗОВ-15,75	200	71 (3 с)	ПЧ-50	34
ЗОВ-20	235	71 (3 с)	ПЧ-50	34

Примечание. В обозначении типа: О — отделитель, Д — двухколонковый, З — с заземляющими ножами, Э — с элегазовым наполнением; числа —  $I_n$  и  $I_n$ .

Заземлители ЗОН . . . . . I предназначены для заземления нейтралей силовых тр-ров, имеющих в нуле ТТ для защиты от замыканий на землю; заземлители ЗОН . . . . . II — для защиты нейтралей силовых тр-ров, не имеющих в нуле ТТ, или шин открытых подстанций; ЗОВ — заземлители внутренней установки, остальные — наружной.

**Силовые предохранители выше 1000 В**

Тип	$I_{н. макс}$ , А (патрона)	$I_{пред}$ отключ., кА	$S_{макс}$ трехфазная отключ., МВ·А
-----	-----------------------------	------------------------	-------------------------------------

**Для внутренних установок**

ПК-6	10, 30, 80, 160, 320	30	200
ПКУ-6	20, 50, 100, 320	34	350
ПКЭ-6	10, 32, 80, 150	30	200
ПК-10	10, 32, 50, 100, 200	18	200
ПКУ-10	20, 40, 80, 150	20	350
ПКЭ-10	10, 32	18	200
ПКУ-20	16, 32, 50	14,5	500
ПК-35	10, 20, 40	5	200
ПКУ-35	8, 20, 40	8,25	500

**Для наружных установок**

ПК-6Н	10, 32	—	200
ПК-10Н	10, 32	—	200
ПСН-10	100	11,5	200
ПСН-35	100	8,2	500
ПСН-110	50	—	750
ПСН-220	50	—	1500

Примечание. В обозначении типа: ПК — предохранитель с кварцевым наполнением, У — с увеличенной мощностью отключения, Э — экскаваторный, ПСН — предохранитель стреляющий.

Испытательное напряжение опорной изоляции предохранителя:

$U_n$ , кВ . . . . .	3	6	10	15	20	35	60
$U_{исп}$ , кВ . . . . .	24	32	42	55	65	95	140

Продолжительность испытания: 1 мин.

**Выбор предохранителей ВН для силовых трансформаторов**

$I_n$ тр-ра, А	$I_n$ предохранителя (плавкой вставки), А	$S$ , кВ·А (трехфазная), защищаемого тр-ра при $U_n$ , кВ		
		6	10	35
0,5	2	5	10	—
1	3	10	20	50
1,9	5	20	30	100
3	7,5	30	50	180
5	10	50	75	—
8	15	75	100	320
10	20	100	180	560
14,5	30	135	240	—
20	40	180	320	1000
30	50	320	560	1800
54	75	560	750	—
70	100	750	1000	3200
100	150	1000	1800	—
145	200	1800	2500	—
210	300	2000	—	—
300	400	—	—	—

## Разъединители

Тип	I электро- динамич. стойкости, кА	I (10 с) термич. стойкости, кА	Масса, кг	Тип	I электро- динамич. стойкости, кА	I (10 с) термич. стойкости, кА	Масса, кг
-----	--	---	--------------	-----	--	---	--------------

## Для внутренней установки

## Однополюсные

PBK-10-2000	85	28	21
PBK3-1-10-2000	85	28	25
PBK3-2-10-2000	85	28	29
PBK-10-3000	200	60	50
PBK-10-4000	200	65	60
PBK-10-5000	200	70	80
PBK-20-5000	200	70	100
PBK-20-6000	250	75	158
PBK-20-7000	250	85	170
PBK-35-2000	115	29	74
PBK3-1-35-2000	115	29	82
PBK3-2-35-2000	115	29	90

## Трёхполюсные

PBK-20-400	45	10	60
PB3-1-20-400	45	10	65
PB3-2-20-400	45	10	70
PB-20-630	50	10	65
PB3-1-20-630	50	10	70
PB3-2-20-630	50	10	75
PB-35-400	50	10	105
PB3-1-35-400	50	10	110
PB3-2-35-630	50	14	120
PB-35-1000	80	20	124
PB3-1-35-1000	80	20	130
PB3-2-35-1000	80	20	135

## Для наружной установки

POH-10K-400	260	65	105
РЛНД-35с-100	12,5	3,5	56
РЛНД-35-630	80	12	60
РЛНД-1-35Б-630	80	12	63

POH3-1-110Д-2000	120	29	415
POH3-2-110Д-2000	120	29	430
РЛНО-110М-630	50	10	170
РЛНО-110М-1000	50	10	175

## Продолжение

Тип	I электро- динамич. стойкости, кА	I (10 с) термич. стойкости, кА	Масса, кг	Тип	I электро- динамич. стойкости, кА	I (10 с) термич. стойкости, кА	Масса, кг
РЛНД-2-35-630	80	12	66	РЛНД-1-220П-1000	80	15	475
РЛНД-35-1000	80	15	65	РЛНД-2-220П-1000	80	15	500
РЛНД-35П-1000	80	15	68	РЛНД-220П-2000	100	25	660
РЛНД-1-35П-1000	80	15	70	РЛНД-1-220П-2000	100	25	700
РЛНД-2-35-1000	80	15	71	РЛНД-2-220П-2000	100	25	720
РЛНД-110-630	80	12	162	РНД-330-2000	67	17	3200
РЛНД-1-110-630	80	12	176	РНД-1-330-2000	67	17	3350
РЛНД-2-110-630	80	12	189	РНД-2-330-2000	67	17	3500
РЛНД-110-1000	80	15	165	РНД-500-2000	67	17	3900
РЛНД-1-110-1000	80	15	178	РНД-1-500-2000	67	17	4075
РЛНД-2-110-1000	80	15	191	РНД-2-500-2000	67	17	4250
POH-35-2000	120	29	160	РЛНД-500-2000	100	25	5000
POH3-1-35Д-2000	120	29	170	РЛНД-1-500-2000	100	25	5100
POH3-2-35Д-2000	120	29	180	РЛНД-2-500-2000	100	25	5300
POH3-110Д-2000	120	29	390	РЛНД-750-2000	67	17	7000

Примечание. В обозначении типа: Р — разъединитель, В — внутренней установки, Н — наружной установки, О — однополюсный или одноколонковый, Л — линейный, Д — двухколонковый, З — с заземляющими ножами, К — коробчатого профиля, Б — наличие блокировки, П — наличие рычажной передачи или подвесной разъединитель. Цифры 1 и 2 — число заземляющих ножей. Числа: U<sub>н</sub> кВ и I<sub>н</sub> А.

Разъединители внутренней установки имеют ручной рычажный привод ПР-2 и ПР-3.  
Разъединители наружной установки имеют приводы ПРН и ПДН.

Разрешается выполнение разъединителями следующих операций:  
 а) отключение и включение нейтралей тр-ров и дугогасящих катушек при отсутствии в сети замыкания на землю;

б) отключение и включение зарядного тока шин и оборудования всех напряжений (кроме батарей статических конденсаторов).

Допускается отключение и включение трехполюсными разъединителями наружной установки при 10 кВ и ниже нагрузочного тока до 15 А.

Отделителями и разъединителями внутренней и наружной установки разрешается производство операций по отключению и включению намагничивающего тока силовых тр-ров, зарядного тока и тока замыкания на землю ВЛ и КЛ. Значения отключаемых и включаемых токов и порядок производства операций устанавливаются директивными указаниями.

Ручные и автоматические приводы разъединителей и отделителей, предназначенных для отключения и включения намагничивающего, зарядного и нагрузочного токов, должны обеспечивать быстрое проведение операции.

Применение электродвигательных приводов и приводов с червячной передачей не рекомендуется.

Отключение и включение отделителями и разъединителями намагничивающего тока тр-ра, к нейтрали которого подключена дугогасящая катушка, должно производиться лишь после отключения последней.

Отключение и включение отделителями и разъединителями намагничивающего тока тр-ров 110—220 кВ должно производиться при заземленной нейтрали.

### Реакторы бетонные токоограничивающие (сокращенная шкала)

Тип	Реактивное сопротивление, Ом	Потери мощности одной фазы, кВт	Прокладная мощность, МВ·А	Стойкость		Масса фазы, т
				термич. (к·А·с) <sup>1/2</sup>	электродинамич., кА	
РБА-6-400-4	0,3	2	4,2	19	23	0,4
РБА-6-630-6	0,3	4,6	6,2	19	23	0,5
РБА-6-1000-10	0,3	8,2	10,4	42	53	0,8
РБА-6-1600-8	0,2	8,7	15	33	41	0,9
РБА-6-2000-10	0,2	13	20,8	35	44	1
РБА-6-2500-12	0,2	17,8	26	36	45	1,2
РБА-6-4000-12	0,1	22	41,5	53	67	1,5
РБА-10-400-4	0,6	3,9	6,9	20	23	0,7
РБА-10-630-4	0,4	4,4	10,4	27	34	0,7
РБА-10-1000-6	0,3	7,4	17,3	30	37	1
РБА-10-1600-10	0,4	14,8	25,9	27	34	1,2

Тип	Реактивное сопротивление, Ом	Потери мощности одной фазы, кВт	Прокладная мощность, МВ·А	Стойкость		Масса фазы, т
				термич. (к·А·с) <sup>1/2</sup>	электродинамич., кА	
РБА-10-2000-12	0,3	18,9	34,6	30	37	1,5
РБА-10-2500-12	0,3	22,9	43,3	36	45	1,6
РБА-10-4000-12	0,2	30	69,2	53	67	2,2
РБАМ-6-630-6	0,3	3,5	6,2	19	23	0,7
РБАМ-6-1000-6	0,2	4,5	10,4	30	37	0,8
РБАМ-6-1600-6	0,1	6,1	15,6	42	53	1,1
РБАМ-6-2000-10	0,2	9,7	20,8	39	44	1,2
РБАМ-10-400-4	0,6	2,1	6,9	19	23	0,7
РБАМ-10-630-6	0,6	4	10,4	19	23	1
РБАМ-10-1000-6	0,3	5,7	17,3	30	37	1,3
РБАМ-10-1600-6	0,2	7,9	26,0	42	53	1,6
РБАМ-10-2000-10	0,3	12,5	35	35	44	1,6

Примечание. В обозначении типа: Р — реактор; Б — бетонный; А — с алюминиевой обмоткой; М — с малыми потерями; 6 или 10 —  $U_{\text{н}}$ , кВ; 400—4000 —  $I_{\text{н}}$ , А; 4—12 — относительная процентная реактивность. Нормальные способы установки реакторов: вертикальный при  $I_{\text{н}} \leq 1500$  А; горизонтальный при  $I_{\text{н}} \geq 1500$  А.

### Реакторы бетонные токоограничивающие двубенные

Тип	Реактивное сопротивление, Ом	Потери мощности в одной фазе, кВт	Р прокладная трехфазного комплекта, МВ·А	Стойкость при токах к. з. в одной ветви		Электродинамич. стойкость при однонаковых и встречных к. з., кА	Масса фазы, т
				термич. (к·А·с) <sup>1/2</sup>	эл. динамич., кА		
РБАС-6-2 × 630-6	1,0	9	12,5	19	23	13	1,1
РБАС-6-2 × 1000-6	0,6	11	20,8	30	37	13	0,9
РБАС-6-2 × 1600-6	0,4	15	31,2	42	53	19	1,5
РБАС-6-2 × 2000-8	0,4	22	41,6	42	53	21	1,6
РБАС-6-2 × 2500-10	0,4	28	52	42	53	24	2,1
РБАС-10-2 × 630-6	1,7	8	20,8	19	23	10	1,7
РБАС-10-2 × 1000-6	1,0	15	34,6	30	37	12	1,5
РБАС-10-2 × 1600-6	0,7	20	51,9	42	53	20	2,7
РБАС-10-2 × 2000-8	0,7	29	69,3	42	53	19	2,1
РБАС-10-2 × 2500-10	0,7	38	86,5	42	53	21	2,6
РБАСМ-6-2 × 630-6	1,0	6	12,5	19	23	11	1,2
РБАСМ-6-2 × 1000-6	0,7	8	20,8	30	37	18	1,6
РБАСМ-6-2 × 1600-6	0,4	10	31,2	42	53	24	2,4

Тип	Реактивное сопротивление, Ом	Потери мощности в одной фазе, кВт	Р проходная трех-фазного комплекта, МВ·А	Стоимость при токах к. з. в одной ветви		Электродинамич. стойкость при оди-наковых и встреч-ных к. з., кА	Масса фазы, т
				термич., (кА·с) <sup>1/2</sup> /с	эл. дина-мич., кА		
РБАСМ-6-2 × 2000-8	0,4	17	41,6	42	53	24	2,4
РБАСМ-6-2 × 2500-10	0,4	27	52	42	53	24	2,4
РБАСМ-10-2 × 630-6	1,7	8	20,8	19	23	10	1,7
РБАСМ-10-2 × 1000-6	1,0	12	34,6	30	37	13	1,9
РБАСМ-10-2 × 1500-6	0,7	13	52	42	53	23	3,4
РБАСМ-10-2 × 2000-8	0,7	23	69,3	42	53	23	3,4
РБАСМ-10-2 × 2500-10	0,7	36	86,5	42	53	23	3,4

Для ограничения токов к. з. при распределении эл. энергии на генераторном напряжении рекомендуется применять двоянные реакторы.

$R_{из}$  сухих реакторов (мегаомметр на 1000—2500 В): не менее 0,5 МОм.

$U_{исп}$  фарфоровой опорной изоляции:

$U_n$ , кВ/ $U_{исп}$ , кВ: 3/24; 6/32; 10/42; 15/55; 20/65; 35/95.

Продолжительность испытания 1 мин.

Заземляющие реакторы (дугогасящие катушки)

Тип	Пределы токов компенсации, А	Масса реактора, кг	
		полная	масла
ЗРОМ-175/6	25—50	1000	345
ЗРОМ-350/6	50—100	1555	505
ЗРОМ-700/6	100—200	3175	1230
ЗРОМ-1400/6	200—400	4285	1505
ЗРОМ-300/10	25—50	1555	505
ЗРОМ-600/10	50—100	3176	1230
ЗРОМ-1200/10	100—200	4215	1515
ЗРОМ-80/13,8 (10,6)*	5—10	—	—
ЗРОМ-100/18 (15,75)*	5—10	—	—
ЗРОМ-275/35	6,2—12,5	1900	820
ЗРОМ-550/35	12,5—25	2750	1000
ЗРОМ-1100/35	25—50	4250	1465

\* Реактор для компенсации емкостного тока блоков СГ — тр-р.

Примечание. В обозначении типа: З — заземляющий; Р — реактор; О — однофазный; М — масляное охлаждение; число до черты — типовая мощность, кВ·А, число после черты —  $U_n$ , кВ.

Компенсация емкостного тока замыкания на землю дугогасящими аппаратами должна применяться при емкостных токах, превышающих следующие величины:

$U_n$ , кВ	6	10	15—20	35 и выше
$I_{емк}$ , А	30	20	15	10

В блочных схемах СГ — тр-р (на генераторном напряжении) дугогасящие аппараты должны применяться при емкостном токе замыкания на землю более 5 А; в сетях 6—35 кВ, ВЛ которых построены на железобетонных и металлических опорах, — при емкостном токе замыкания на землю более 10 А. Не допускается присоединение дугогасящих катушек к тр-рам, защита которых осуществляется плавкими предохранителями.

Классы точности сердечников трансформаторов тока и области применения их

Класс точности сердечника	$I$ первичной обмотки, % $I_n$	Максимальное значение		Область применения
		погрешности в токе, % ( $\pm$ )	угловой погрешности, мин ( $\pm$ )	
0,2	120—100 20 10	0,20	10	Точное измерение энергии и мощности (точные контрольные, лабораторные приборы)
		0,35	15	
		0,50	20	
0,5	120—100 20 10	0,50	30	Точное измерение энергии и мощности; счетчики 1-го класса — расчетные
		0,75	45	
		1,0	60	
1	120—100 20 10	1,0	60	Измерение тока, энергии и мощности; реле, счетчики 2-го класса — контрольные
		1,5	90	
		2,0	120	
3	120—50	3,0	Не нормируется	Амперметры, реле, фазометры
10	120—50	10,0	То же	Катушки приводов

## Трансформаторы тока внутренней установки выше 1000 В

Тип	$I_N$ первичн., А	Число и класс точности сердечников	Электродинамич. стойкость (кратность)	Односекундная термич. стойкость (кратность)	Характеристика сердечников			Масса, кг	
					Класс точности	Вторичная нагрузка, Ом, при классе точности			
						0,5	1		3
ТКЛ-3	5—630	0,5	175	70	0,5	0,6	1	—	7
ТПЛ-10К	5—80 100; 200 320; 400—1600	Р 0,5/Р Р/Р	— 175 75	— 45 27	0,5	0,4	0,8	—	60
					Р	0,6	1	1,2	
ТПЛУ-10	10—20 32—50 80—100	Р 0,5/Р Р/Р	} 250	60 (4 с)	0,5	0,4	0,8	—	11 17 19
					Р	0,6	1	1,2	
ТПОЛА-10	630; 800 1000 1600	0,5/Р Р/Р Р/Р	160 140 90	65 55 36	} 0,5 Р	0,4 0,6	0,6 —	— 1,2	} 16
ТПОЛ-10									
ТПЛМ-10	400; 630; 800 1000; 1600	0,5/Р Р/Р	} 160	65	0,5 Р	0,6	1,2	2	17—19
ТВЛМ-10	20—1600	0,5/Р Р/Р	} 52	30	0,5/Р Р	0,6	—	0,6	16 20
						0,8	—	2	

Продолжение

Тип	$I_N$ первичн., А	Число и класс точности сердечников	Электродинамич. стойкость (кратность)	Односекундная термич. стойкость (кратность)	Характеристика сердечников			Масса, кг	
					Класс точности	Вторичная нагрузка, Ом, при классе точности			
						0,5	1		3
ТКЛН-10	10—80 100—200	0,5/Р Р/Р	} 100	50	0,5 Р	0,4 0,6	— —	— —	} 20
ТНШ-0,5	14 000/25 000	3	—	120/180	3	—	—	2	46,5/170
ТНШ-0,66	800—2000 3200; 5000 8000; 10 000	} 0,5	—	50	0,5	0,8	1,6	3	3,5 10,5 38
						0,8	2	4	
ТНШЛ-10	2000; 3200 4000; 5000	0,5/Р Р/Р	— —	} 70	0,5 Р	0,8	1,2	2,4	28 41
						1,2	3	6	
ТШЛ-20	6300; 8000 10 000	0,5/Д	— —	} 40	Д 0,5	} 1,2	3	—	100 105
ТПОЛ-20	400 630—800	Д/1; Д/Д Д/0,5	300 150	80 80	Д/1 Д	— 1,2	0,6/0,8 —	— —	35 35
ТПОЛ-35	1000; 1600	Д/Д	120	80	Д	2	—	—	54

## Трансформаторы тока наружной установки 35—750 кВ

Тип	$I_N$ первичн., А	Число и класс точности сердечников	Электроды-намяч. стойкость (кратность)	Односекундная термич. стойкость (кратность)	Характеристика сердечников			Масса, кг	
					Класс точности	Вторичная нагрузка, Ом, при классе точности			
						0,5	1		3
ТФН-35-М	16—800 1000	Д/0,5	150 100	65	0,5	2	4	—	200
ТФНД-35-М	16—630 800; 1000 1600; 2000	Д/Д/0,5	150 100 50	— 45 (4с) 32,5 (4с)	0,5	1,2	2,4	—	350
ТФНУД-35-М	16—630	Д/Д/0,5	150	65	0,5	1,2	4	—	150
ТФНД-110-М	400—800	Д/Д/0,5	150	43,3 (3с)	0,5	1,2	4	—	400
ТФНД-110-М-11	800—2000	Д/Д/0,5	75	34,6 (3с)	0,5	0,8	2	—	740
ТФНД-220-IV	500—1000—2000	Д/Д/Д/0,5	60	60	0,5	1,2	3	—	2130
ТФКН-330	500—1000—2000	Д/Д/Д/0,5	70	42 (2с)	0,5	2	—	—	1800
ТФНКД-500-II	500—1000—2000	Д/Д/Д/0,5	90	39	0,5	50 *	—	—	4700
ТРН-750	1000—2000	Д/Д/Д/0,5	65	27	0,5	50 *	—	—	9100

\* При  $I_{н2} = 1$  А.

Примечание. В обозначении типа: Т — тр-р тока; Ф — фарфоровая изоляция между обмотками; П — проходной; Ш — шинный; У — усиленный; Д — имеет сердечник для диф. защиты; Р — разъемный сердечник; О — одновитковый; К — катушечный; Л — с изоляцией из литой синтетической смолы; М — модернизированный; Н — для наружной установки;  $z_H$  — вторичных нагрузок тр-ров тока: 0,1; 0,15; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,6; 2,4; 3 и 4 Ом для  $I_N = 5$  А; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 75 и 100 Ом для  $I_N = 1$  А; cos  $\phi$  нагрузки равен 0,8.

## Трансформаторы напряжения (по ГОСТ 1983-67)

Тип	Номинальный коэффициент трансформации, кВ/В	S <sub>н</sub> , В · А, при классах точности			S <sub>макс</sub> , В · А	Масса, кг
		0,5	1	3		
<i>Однофазные с воздушным охлаждением</i>						
НОС-0,5	0,380/100; 0,660/100	25	50	100	200	8,4
НОСК-6	6/100	50	75	200	400	13
<i>Однофазные с масляным охлаждением</i>						
НОМ-6	6/100	50	75	200	400	22
НОМ-10	10/100	75	150	300	640	35
НОМ-15	13,8/100	75	150	300	640	81
	15/100					
ЗНОМ-15	18/100					
	10/√3 / 100/√3 / 100/3	75	150	300	640	63
	13,8/√3 / 100/√3 / 100/3					
ЗНОМ-20	15/√3 / 100/√3 / 100/3					
	18/√3 / 100/√3 / 100/3	75	150	300	640	77,5
	20/√3 / 100/√3 / 100/3					
ЗОМ-1/15	6/√3 / 100/√3 / 100/3	—	—	—	75/850	62
	10/√3 / 100/√3 / 100/3					
	13,8/√3 / 100/√3 / 100/3					
	15,75/√3 / 100/√3 / 100/3					
ЗОМ-1/20	18/√3 / 100/√3 / 100/3	—	—	—	75/850	75,5
	20/√3 / 100/√3 / 100/3					
	— 35/100 —					
НОМ-35 *	— 35/100 —	—	—	—	—	86
ЗНОМ-35-65 *	35/√3 / 100/√3 / 100/3	150	250	600	1200	73
НКФ-110-57 *	110/√3 / 100/√3 / 100/3	400	600	1200	2000	587
(каскадный)						
НКФ-220-58 *	154/√3 / 100/√3 / 100	400	600	1000	2000	1390
	220/√3 / 100/√3 / 100					
НКФ-330 *	330/√3 / 100/√3 / 100	—	500	1000	2000	2210
НКФ-500 *	500/√3 / 100/√3 / 100	—	500	1000	2000	4850
<i>Трехфазные с масляным охлаждением</i>						
НТМК-6-48	3/100	50	75	200	400	47
	6/100	75	150	300	640	47,5
НТМК-10	10/100	120	200	500	960	110

Тип	Номинальный коэффициент трансформации, кВ/В	$S_{н}$ , В · А, при классах точности			$S_{макс}$ , В · А	Масса, кг
		0,5	1	3		
НТМИ-6	3/100/100/3	50	75	200	400	60
НТМИ-10	6/100/100/3	75	150	300	640	60
	10/100/100/3	120	200	500	960	80

\* Тр-ры для наружной установки.

Примечание. Обозначения: НОС — однофазный сухой; НОСК — то же с компенсирующей обмоткой или каскадный, или для комплектования распределителей; НТС — то же трехфазный, сухой; НОМ — то же однофазный масляный; ЗНОМ — с заземленным выводом первичной обмотки; НТМК — трехфазный масляный с компенсирующей обмоткой; НТМИ — пятистержневой трехфазный; НКФ — однофазный каскадный в фарфоровом кожухе; ЗОМ — с заземленным выводом первичной обмотки.

## Опорные изоляторы

Тип	Высота, мм	Ширина основания, мм	Масса, кг	Тип	Высота, мм	Ширина основания, мм	Масса, кг
<i>Малогобаритные</i>				<i>С наружной ваделкой арматуры</i>			
ОФ-10-3,75	120	82	1,5	ОФ-10-20кв	235	190	11,6
ОФ-10-7,5	120	102	2,1	ОФ-35-3,75кр	380	130	7,22
ОФ-10-20	134	160	6,3	ОФ-35-7,5кв	400	215	13
ОФ-10-60	250	220	22	<i>Для наружной установки</i>			
ОФ-35-3,75	372	110	7,1	ШН-10-5	190	160	3,7
ОФ-35-7,5	372	140	10,6	ОНШ-10-20	210	250	12,7
<i>С наружной заделкой арматуры</i>				ОНШ-35-10	400	370	32,6
ОФ-6-3,75ов	165	160	2,57	ОНШ-35-20	400	370	44,6
ОФ-6-7,5кр	185	130	4,43	ОНСМ-10-20	240	150	8,8
ОФ-10-3,75кр	190	108	2,60	ОНСМ-110-3	1050	185	30,7
ОФ-10-7,5ов	215	235	5,38	ОНСМ-110-20	1070	185	—

Примечание. О — опорный; Ф — фарфоровый; Н — наружной установки; Ш — штыревой; С — стержневой; М — модернизированный; числа: первое —  $U_{н}$ , кВ; второе — минимальная разрушающая нагрузка, кН; фланцы: ов — овальный, кр — круглый, кв — квадратный.

Тип	Рабочее положение	Длина, м		Масса, кг	
		общая	части, расположенной в помещении	ввода	масла
БМЛ-15-110/1000	Вертикальное	3,3	1,7	243	43
БМЛ-90-110/1000	Горизонтальное	3,4	1,8	290	43
БМЛ-90-110/2000	»	3,6	1,9	300	43
БМЛ-90-110/2000У	»	3,9	1,9	340	50
БМЛ-90-110/1000У	»	3,7	1,8	335	50
БМЛ-15-110/2000	Вертикальное	3,4	1,7	240	50
ГБМЛ/0-90-110/2000У	»	3,6	1,8	320	50

Примечание. ВМ — с бумажно-масляной изоляцией; Л — линейный; У — с усиленной изоляцией; Г — герметичный; числа: первое — угол наклона ввода к вертикали при установке; вторая —  $U_{н}$ , кВ; третья —  $I_{н}$ , А.

## Проходные изоляторы 6—35 кВ (по ГОСТ 20454-75 и 20479-75) (сокращенная шкала)

Тип	Длина изолятора, мм	Диаметр изолятора, мм	Наибольший размер фланца, мм
-----	---------------------	-----------------------	------------------------------

## Внутренней установки

ИП-6/400-375У, ХЛ2	460	107	165
ИП-10/100-750У, ХЛ2	520	180	190
ИП-10/1600-3000У2	518	238	305
ИП-10/3200-3000У2	518	238	305
ИП-10/5000-4250У2	640	360	390
ИП-10/8000-4250У2	640	405	555
ИП-20/1600-2000У, ХЛ2	740	254	322
ИП-20/6300-2000У, ХЛ2	740	254	322
ИП-20/1600У2	460	472	570
ИП-35/630-750У, ХЛ2	950	174	250
ИП-35/1600-750У, ХЛ2	1010	226	260

## Наружно-внутренней установки

ИП-10/1000-750У1	565	142	180
ИП-10/1600-1250У1	620	205	240
ИП-10/3150-1250У1	640	205	240
ИПУ-10/1000-750У1	620	142	180
ИПУ-10/1600-1250У1	665	205	240
ИПУ-10/3150-1250У1	685	205	270
ИП-20/2000-1250У1	886	240	270
ИП-35/630-750У1	1040	200	250
ИП-35/1000-750У1	1080	225	260
ИПУ-35/1000-750У1	1090	235	260
ИПУ-35/1600-750У1	1090	235	300

Примечание. И — изолятор; П — проходной; У — усиленный по внешней изоляции; первое число —  $U_{н}$ , кВ; число за чертой —  $I_{н}$ , А; второе число за чертой — номинальное разрушающее усилие на изгиб, даН; У и ХЛ — климатическое исполнение; 1, 2 — категория размещения.

**Длина пути утечки внешней изоляции электрооборудования  
(по ГОСТ 9920-75)**

Категория электрооборудования	Отношение длины пути утечки внешней изоляции к наибольшему $U_{\text{раб}}$ (линейному) для электрооборудования, установленного в сетях, см/кВ, не менее	
	с эффективно заземленной нейтралью	с изолированной нейтралью
Нормальное (А)	1,5	1,7
Усиленное (Б)	2,25	2,6
Особо усиленное (В)	3,1	3,5

**Вентильные разрядники**

Тип	$U$ наибольшее допустимое на разряднике, кВ	$U$ пробивное действующее при 50 Гц, кВ		$U$ импульсное пробивное (при предзарядном времени от 2 до 10 мкс), кВ	$U$ , кВ (не более), остающееся при импульсном токе с длиной фронта волны 10 мкс с амплитудой			Масса, кг
		не менее	не более		3 кА	5 кА	10 кА	
РВП-3	3,8	9	11	21	15	16	—	3,4
РВМ-3	3,8	7,5	9,5	8	9	9,5	11	2,8
РВП-6	7,6	16	19	85	28	30	—	4,6
РВМ-6	7,6	15	18	15,5	17	18	20	3,4
РВТ-6	7,6	15	18	7	14	16	18	1,7
РВО-6	7,6	16	19	32	25	27	—	3,6
РВРД-6	7,6	15	18	14	14	16	18	2,4
РВП-10	12,7	26	30,5	50	47	50	—	6
РС-10	12,7	26	30,5	50	47	50	—	6
РВМ-10	12,7	25	30	25,5	28	30	33	4,8
РВТ-10	12,7	25	30	14	23,5	26,5	30,5	2,4
РВО-10	12,7	26	30,5	48	43	45	—	4,8
РВРД-10	12,7	25	30	23,5	23,5	26,5	30,5	3,2
РВС-15	19	38	48	70	57	61	67	4,3
РВМ-15	19	35	43	57	47	51	57	—
РВС-20	25	49	60,5	85	75	80	88	5,1
РВМ-20	25	47	55	74	62	67	74	—
РВС-35	40,5	78	98	125	122	130	143	6,7
РВО-35	40,5	78	98	150	—	150	—	3,8
РВМ-35	40,5	75	90	115	97	105	116	—
РВМГ-110	100	170	195	265	245	265	295	35,7
РВТ-110	110	150	175	240	—	215	240	28,0
РВС-110	100	200	250	285	315	335	367	23,0
РВМГ-220	200	340	390	515	475	515	570	—
РВС-220	200	400	500	530	630	670	734	40,5
РВТ-220	200	300	350	460	—	430	480	56,0
РВТ-330	290	433	505	640	—	615	700	81,0
РВМГ-330	290	485	560	700	660	730	800	102,5
РВМК-330П	363	465	500	700	—	740	820	—
РВМГ-500	520	660	760	1100	985	1110	1180	326,0
РВМК-500П	525	710	—	1200	—	1140	1290	—
РВТ-500	420	630	735	930	—	890	1010	106,0
РВМК-750	922	820	950	1500	—	—	1650	640,0

**Трубчатые разрядники**

Тип	Длина внешнего искрового промежутка	$U$ разрядное действующее при 50 Гц, кВ		Длина разрядника, мм	Внешний диаметр, мм	Масса, кг
		в сухом состоянии	под дождем			

**Фибробакелитовые (РТФ)**

РТФ-3/0,2-1,5	5—10	10	7	360	35	1
РТФ-3/1,5-7	5—10	10	7	360	35	1
РТФ-6/0,3-7	8—15	42	39	520	45,5	1,8
РТФ-6/1,5-10	8—15	—	—	520	44,5	1,8
РТФ-10/0,5-7	20	—	—	520	44,5	1,8
РТФ-35/0,4-3	100	105	85	720	35	1,4
	150—200	300—155	110—135	—	—	—
РТФ-35/0,8-5	100	105	75	840	44,5	2,5
	150—200	115—125	90—105	—	—	—
РТФ-35/1,8-10	100	95	85	780	60	4,2
	150—200	115—130	95—105	—	—	—
РТФ-110/0,4-2,2	400	230	225	1100	76	8,5
	450—500	240—255	250—270	1300	76	—
РТФ-110/1,2-7	400	230	225	1100	76	—
	450—500	240—255	250—270	1300	76	9,7
РТФ-110/2-100	400	—	—	1200	76	—
	450—500	—	—	1400	76	10

**Винилластовые (РТВ)**

РТВ-6-10/0,5-4	10—15	33—42	32—40	672	45	—
РТВ-6-10/2-12	10—15	33—42	32—40	672	45	—
РТВ-15/2-12	25	55	45	712	45	—
РТВ-20/2-12	40	65	55	760	45	—
РТВ-35/2-10	100	100	85	882	45	—
	150—200	150—180	145—170	—	—	—
РТВ-110/2-10	400	217	212	1472	57	—
	450—500	365—395	320—350	—	—	—

**Винилластовые усиленные (РТВУ)**

РТВУ-35/5-20	100	100	85	850	45	—
РТВУ-35/7-30	100	100	85	850	55	—
РТВУ-110/5-20	400	217	212	1190	45	—
РТВУ-110/7-30	400	217	212	1190	55	—
РТВУ-220/2-10	500	600	550	2500	45	—

\* В обозначениях типов: числа до черты —  $U_n$ , кВ, после черты — пределы  $I_{\text{откл}}$ , кА.

Примечание. Обозначения разрядников: РВП — подстанционный; РС — облегченный (защита сельскохозяйственных эл. установок); РВС — стационарный; РВО — облегченный; РВМ и РВМГ — с магнитным гашением; РВМК — с магнитным гашением комбинированный; РВТ — токоограничивающий; число за чертой —  $U_n$ , кВ.

При эксплуатации вентиляльных разрядников должны производиться:

- измерения мегаомметром на 2500 В R разрядников перед включением в сеть и при выводе в ремонт оборудования, к которому разрядник подключен;
- измерения тока проводимости при выпрямленном напряжении вентиляльных разрядников с магнитным гашением дуги 1 раз в 6 лет; кроме того, когда при измерении мегаомметром 2500 В обнаружено изменение сопротивления на 30% и более;
- измерения тока проводимости разрядников серии РВС-15-220 в случаях, когда при измерении R мегаомметром 2500 В, обнаружено изменение R разрядника на 30% и более;
- измерения пробивного напряжения при  $f = 50$  Гц для разрядников без шунтирующего сопротивления после монтажа и в дальнейшем 1 раз в 6 лет, а также после капремонта.

Проверка трубчатых разрядников со снятием с опор должна производиться 1 раз в 3—6 лет.

и внутренних перенапряжений; РТВ и РТВУ — для защиты оборудования эл. станций и подстанций; РТФ — для защиты линейной изоляции.

## РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

Распределительные устройства 6 и 10 кВ с неактивированными отходящими линиями и РУ с и. 0,4—3—6—10 кВ выполняются с помощью КРУ.

Для РУ 6 и 10 кВ с реактивированными отходящими линиями, а также для РУ 35—220 кВ рекомендуется применение РУ и отдельных узлов заводского изготовления по мере разработки их промышленностью.

Распределительные устройства 35, 110, 150 и 220 кВ выполняются открытыми, за исключением случаев, оговоренных ниже.

Открытые распределительные устройства для ТЭС принимаются с усиленной изоляцией в следующих случаях: при использовании твердого топлива и высоте дымовых труб 120 м и менее, при использовании сланцев независимо от высоты дымовых труб, при расстоянии ОРУ от градирен 300 м и менее.

Распределительные устройства 150 и 220 кВ могут выполняться закрытыми, если относ. их на необходимое расстояние не экономичен.

Распределительные устройства 35—220 кВ могут выполняться закрытыми также при стесненности площадки и в суровых климатических условиях (на Крайнем Севере).

Распределительные устройства 330, 500 и 750 кВ выполняются открытыми; для ОРУ этих напряжений допускается наряду с разьеднителями с опорной изоляцией применение подвесных разьеднителей.

Во всех РУ 3—750 кВ предусматриваются стационарные заземлители и разьеднители с заземляющими ножами, изготавливаемые заводами.

На подстанциях 35 кВ на стороне ВН при числе присоединений (линий и тр-ров) до 10 включительно применяется, как правило, одиночная секционированная выключателем система шин. При большем числе присоединений допускается применение схемы с двумя системами шин.

Распределительные устройства 6—10 кВ выполняются с одной разьедненной на секции системой сборных шин с неактивированными отходящими линиями. На стороне 6—10 кВ должна предусматриваться разьедненная работа тр-ров.

При необходимости ограничения токов к. з. могут предусматриваться следующие мероприятия:

- применение трехобмоточных тр-ров с максимальным  $u_{к.з.}$  между обмотками ВН и НН и двухобмоточных тр-ров с увеличенным реактивным сопротивлением;
- применение тр-ров с расщепленными обмотками 6—10 кВ;
- применение токоограничивающих реакторов (обычных и двоясных) в цепях вводов от тр-ров.

При присоединении к РУ 6—10 кВ ВЛ степень ограничения токов к. з. определяется параметрами выключателей 6—10 кВ, а при присоеди-

### Основные и дополнительные защитные промежутки (ПЗ) \*

$U_n$ сеть, кВ	Длина основных ПЗ, мм	Длина дополнительных ПЗ, мм	$U_{разр}$ действующее при 50 Гц, кВ	$U$ импульсное, кВ
3	20	5	20	+33, —34
6	40	10	34	+51, —53
10	60	15	45	+66, —68
20	140	20	70	+121, —134
35	250	30	105	+195, —220
110	650	—	252	+466, —510
150	980	—	348	+618, —698
220	1350	—	495	+915, —817
330	1500	—	560	+945, —1070
500	1800	—	750	+1065, —1190

\* Защитные промежутки допускаются применять только на ВЛ, оборудованных АПВ; «+» — положительная, «-» — отрицательная полярность.

### Защита изоляции

- вращающихся машин 3—10 кВ разьедниками РВМ и РВВМ, в сооружаемых установках — только РВМ;
- тр-ров и оборудования РУ 3—10 кВ разьедниками РВП;
- оборудования 15—220 кВ разьедниками РВС.

Изоляция оборудования 15—35 кВ,  $U_{исп}$  которого снижено по сравнению с требованиями ГОСТ 1516-73, защищается разьедниками РВМ; изоляция оборудования 110—220, 330 и 500 кВ — разьедниками РВМГ.

Разьедники РС-10 и РВО-35 облегченной конструкции предназначены для защиты малоответственного оборудования 3—35 кВ; РВМК — для защиты изоляции оборудования 330 и 500 кВ от грозových

нении развитой КЛ (с учетом термической стойкости кабелей) — по данным проекта кабельной сети.

Аппаратура и ошиновка в цепи тр-ров (автотр-ров) выбирается по  $I_n$  и  $I_{к.з.}$ , как правило, с учетом установки в перспективе тр-ров следующей по шкале ГОСТ номинальной мощности.

Для трехобмоточных тр-ров в цепях СН и НН (35; 10; 6 кВ) выбор аппаратуры и ошиновки следует производить не по  $I_n$ , а по  $I$  перспективной нагрузки с учетом аварийных режимов (в т. ч. отключения второго тр-ра).

На всех двухтр-рных подстанциях 35—750 кВ устанавливается не менее двух тр-ров с. н. При присоединении тр-ров с. н. к обмоткам НН автотр-ров они принимаются, как правило, с РПН. На стороне НН тр-ры, как правило, должны работать раздельно, каждый на свою секцию с АВР на секционной связи.

Мощность тр-ров с. н. выбирается в соответствии с нагрузкам в разных режимах работы подстанции с учетом перегрузочной способности тр-ров в аварийных режимах.

Предельная мощность каждого тр-ра с. н. принимается 630 кВ·А; могут применяться также тр-ры 1000 кВ·А с  $u_{к.з.} = 8\%$ .

При необходимости превышения этой мощности устанавливаются три и более тр-ров с. н., работающих раздельно на стороне НН.

Для сети с. н. перем. тока принимается  $U_n 380/220$  В с заземленной нейтралью.

На подстанциях 35—220 кВ должен применяться оперативный перем. ток при следующих условиях:

- а) на стороне 110—220 кВ применяются схемы без выключателей;
- б) на стороне 6—10 и 35 кВ применяются схемы с МВ с пружинными, пневматическими или электромагнитными приводами, если работа электромагнитных приводов обеспечивается от тр-ров с. н. через выпрямительные установки.

Выпрямленный оперативный ток может применяться на подстанциях 110—220 кВ со схемами эл. соединений, в которых исключена возможность одновременного включения более одного выключателя.

Подстанции 35—110 кВ должны преимущественно проектироваться комплексными, заводского изготовления блочной конструкции.

Распределительные устройства 35—750 кВ выполняются открытого типа. РУ 6—10 кВ, как правило, выполняются в виде комплектных шкафов наружной установки (КРУН).

Закрытые РУ 35—220 кВ применяются в следующих случаях:

- а) в районах с загрязненной атмосферой, где применение ОРУ с усиленной изоляцией или аппаратурой следующего класса напряжения неэффективно, а удаление подстанции от источника загрязнения экономически нецелесообразно;
- б) в районах с расчетными  $t$  окружающего воздуха ниже допускаемых по ГОСТ или по ТУ для оборудования;
- в) в районах стесненной застройки больших городов и промпредприятий.

В ЗРУ 6—10 кВ должны устанавливаться шкафы КРУ заводского изготовления. Шкафы КРУ, где предусмотрено одностороннее обслуживание, устанавливаются прислонно, без прохода с задней стороны шкафов. Габаритные размеры коридора обслуживания должны обеспечивать доставку тележек КРУ, для их ремонта в ЗРУ должно предусматриваться специальное место.

Здания ЗРУ выполняются без окон и не отапливаются.

На подстанциях с ВВ предусматривается стационарная компрессорная установка;  $P_n$  компрессорной установки 40 кгс/см<sup>2</sup> (~4 МПа).

На подстанциях с аппаратурой, имеющей пневматические приводы, предусматриваются две однокомпрессорные установки, располагаемые непосредственно на территории ОРУ вблизи обслуживаемого оборудования, при этом на подстанциях с одним выключателем устанавливается одна такая компрессорная установка.

Для аппаратов, у которых отсутствуют индивидуальные резервуары для воздуха, должны предусматриваться воздухохранилища рабочего давления, устанавливаемые в РУ на открытом воздухе, присоединяемые непосредственно к воздухопроводной распределительной сети. Распределительные устройства и ТП 400 кВ и выше д. б. оснащены средствами биозащиты в виде стационарных, переносных или инвентарных экранов, а также средствами индивидуальной защиты — экранирующими костюмами.

Наименьшие расстояния в свету от токоведущих частей до различных элементов ЗРУ

Расстояния	Изоляционные расстояния, см, для $U_n$ , кВ							
	3	6	10	20	35	110	150	220
От токоведущих частей до заземленных конструкций и частей здания	6,5	9	12	18	29	90	130	180
Между проводниками разных фаз	7	10	13	20	32	100	140	200
От токоведущих частей до сплошных ограждений	9,5	12	15	21	32	93	133	183
От токоведущих частей до сетчатых ограждений	16,5	19	22	28	39	100	140	190
Между неогражденными токоведущими частями разных цепей	200	200	200	220	220	290	330	380
От неогражденных токоведущих частей до пола	250	250	250	270	270	340	370	420
От неогражденных линейных выводов из ЗРУ до земли при выходе их на территорию ОРУ при отсутствии проезда транспорта под выводами	450	450	450	475	475	550	600	650

### Наименьшие изоляционные расстояния в свету от токоведущих частей до различных элементов РУ подстанций

Расчетные условия	Наименьшие изоляционные расстояния, см, при номинальном напряжении подстанции, кВ							
	до 10	20	35	110	150	220	330	500
По электрической прочности:								
между токоведущими частями разных фаз при жесткой ошиновке	20	30	40	90	130	180	250	375
между токоведущими и заземленными частями при жесткой ошиновке	22	33	44	100	140	200	280	420
По условиям безопасности персонала:								
от неогражденных токоведущих частей до земли	290	300	310	360	400	450	520	645
от токоведущих частей до ограждений, зданий и сооружений, а также между токоведущими частями разных цепей (по горизонтали), если предусматривается работа одной цепи при отключенной другой	220	230	240	290	330	380	450	575
от токоведущих частей до транспортируемого оборудования, а также от контактов разъединителя в отключенном положении до заземленных и токоведущих частей	95	105	115	165	205	255	325	450

Наименьшие допустимые расстояния (в свету) для столбовых подстанций до 35 кВ:

от земли до токоведущих частей тр-ра — 4 м;

от земли до площадки с перилами для обслуживания тр-ров — 3 м;

от остающихся под напряжением токоведущих частей при отключенном разъединителе до уровня площадки обслуживания — 2,5 м (при 35 кВ — 3 м).

### Ширина коридоров обслуживания в помещениях ЗРУ выше 1000 В

Нормируемая величина	Наименьшее допускаемое значение, м
1. Ширина коридора обслуживания в свету между ограждениями:	
при одностороннем расположении оборудования	1,0
при двустороннем расположении оборудования	1,2
2. Ширина коридора управления, где находятся приводы выключателей или разъединителей, в свету между ограждениями:	
при одностороннем расположении оборудования	1,5
при двустороннем расположении оборудования	2,0
3. Ширина взрывного коридора	1,2
4. Ширина коридора управления в помещениях КРУ и КТП:	
при однорядном расположении	Длина тележки КРУ плюс не менее 0,6
при двухрядном расположении	Длина тележки КРУ плюс не менее 0,8
5. Ширина прохода с задней стороны КРУ и КТП (для их осмотра)	0,8
6. Ширина свободного прохода около КРУ и КТП, установленных в производственных помещениях	1,0

### Сопротивление изоляции КРУ и КРУН:

первичные цепи (мегаомметр 2500 В): полностью собранные с установленными в них узлами и деталями — не менее 1000 МОм;

вторичные цепи (мегаомметр 500—1000 В):

каждое присоединение со всеми аппаратами (реле, приборы, вторичные обмотки ТТ, ТН и т. п.) — не менее 1 МОм.

$U_{исп}$  промышленной частоты изоляции ячеек КРУ и КРУН:

$U_{н}$ , кВ . . . . .	3	6	10	15	20	35
$U_{исп}$ , кВ, керамическая изоляция/изоляция из твердых органических материалов . . . . .	24/21,6	32/28,8	42/37,8	55/49,5	65/58,5	95/85,5

Продолжительность испытания: для ячеек с керамической изоляцией 1 мин, для ячеек из твердых органических материалов 5 мин.

**Комплектные распределительные устройства 3—10 кВ**

250

Серия шкафов	$U_n$ , кВ	$I_n$ , А, шин/шкафов	Тип выключателя тип привода	Размеры шкафа, м (ширина×глубина×высота), масса шкафа, кг, отходящей линии	Количество и сечение силовых кабелей, мм <sup>2</sup>	Применение
<i>Выкатного исполнения внутренней установки</i>						
КРУ2-10	6; 10	$\frac{630; 1000; 1600}{1000-2750}$	<u>ВЭМ-10Э; ВМПП-10</u> <u>ВМП-10К; ВМП-10П</u> <u>ПЭ-11; ППМ-10</u>	$\frac{0,9 \times 1,66 \times 2,4}{1200}$	5 (3×240)	Для с. н. ТЭС и ГЭС, ЗРУ промпредприятий и пониженных ТП. Шкафы: с МВ, ТН, разрядниками, разъединителями, силовыми тр-рами, кабельными сборками Для ввода и секционирования в КРУ серии КРУ2-10, когда $I_n > 1600$ А, но не более 2500 А Для с. н. ТЭС, пониженных ТП, ЗРУ промпредприятий и с. х. Шкафы: с МВ, ТН, разрядниками, предохранителями, разъединителями, тр-рами и реле Для ввода и секционирования в КРУ серии К-ХII, когда $I_n > 2000$ А, но не более 2750 А Для с. н. 6 кВ ТЭС с турбогенераторами 300; 500 и 800 МВт; шкафы те же, что и в КРУ К-ХII Для ввода и секционирования в КРУ серии К-Х, когда $I_n > 2000$ А
КРУ2-10Э-2750	6; 10	$\frac{2000; 2750}{2750}$	<u>ВМП-10Э/3000</u> <u>ПЭВ-12</u>	$\frac{1,35 \times 1,66 \times 2,4}{1770}$	—	
К-ХII	6; 10	$\frac{630; 1000}{2000}$	<u>ВНВ-10; ВМПП-10</u> <u>ВМП-10К; ВМП-10П</u> <u>ПЭ-11; ПП-67</u>	$\frac{0,9 \times 1,6 \times 2,4}{900}$	4 (3×240)	
К-ХV	10	$\frac{2000; 2750}{2750}$	<u>ВМП-10Э/3000</u> <u>ПЭВ-12</u>	$\frac{1,35 \times 1,65 \times 2,87}{600}$	—	
К-Х (К-ХХV)	6	2000	<u>ВЭМ-6/ПЭ-22</u>	$\frac{0,9 \times 1,615 \times 3,11}{1400}$	4 (3×240)	
К-ХХI	6	2000	<u>ВЭМ-6/ПЭ-22</u>	$\frac{0,9 \times 1,615 \times 3,11}{1400}$	4 (3×240)	
КР-10/500	6; 10	$\frac{630-3200}{1000-3200}$	<u>ВМПЭ-10</u> <u>ПЭВ-11А</u>	$\frac{0,9 \text{ или } 1,35 \times 2,75 \times 1,6}{1200}$	4 (3×240)	
К-ХХVI	6; 10	$\frac{630; 1000; 1600}{1000; 2000}$	<u>ВМПЭ-10</u> <u>ПЭВ-11А</u>	$\frac{0,9 \times 1,7 \times 2,4}{1000}$	4 (3×240)	

*Продолжение*

Серия шкафов	$U_n$ , кВ	$I_n$ , А, шин/шкафов	Тип выключателя тип привода	Размеры шкафа, м (ширина×глубина×высота), масса шкафа, кг, отходящей линии	Количество и сечение силовых кабелей, мм <sup>2</sup>	Применение
<i>Стационарного исполнения внутренней установки</i>						
К-ХХVII	6; 10	2000; 2750	<u>ВМПЭ-10</u> <u>ПЭВ-12А</u>	$\frac{1,35 \times 1,7 \times 2,8}{1700}$	—	—
КР-10-ДЭ	6; 10	3500/5000	<u>МГГ-10-63К</u> <u>ПЭ-21А</u>	$\frac{1,5 \times 2,6 \times 4,1}{5500}$	—	—
КРУ2-10Э/Э	6; 10	$\frac{630; 1000}{1000}$	<u>ВЭМ-10Э</u> <u>ПЭГ-6</u>	$\frac{0,9 \times 1,66 \times 2,35}{1300}$	4 (3×240)	—
К-ХХIV	6	$\frac{2000; 3200}{3200}$	<u>ВЭМ-6</u> <u>ПЭ-22</u>	$\frac{1,35 \times 1,6 \times 3,1}{2800}$	—	—
<i>Стационарного исполнения наружной установки</i>						
КСО-366	6; 10	$\frac{200; 400}{600}$	<u>ВНП-16 и 17</u> <u>ПР-17; ПРА-17</u>	$\frac{1 \times 1 \times 2}{290}$	2 (3×185)	Для ЗРУ, выполненных по простейшим схемам
КСО-272	6; 10	$\frac{400; 630; 1000}{1000}$	<u>ВМГ-10; ВЭМ-10Э</u> <u>ПЭ-11, ПП-67</u>	$\frac{1,2 \times 2,9 \times 1}{700}$	3 (3×185)	Для пониженных ТП и ЗРУ промпредприятий. Шкафы: МВ, ВН, с разъединителями, с ТТ, с ТН, с тр-рами
<i>Стационарного исполнения наружной установки</i>						
КРН-10VI	6; 10	до 630	<u>ВМГ-10</u> <u>ПП-67</u>	$\frac{1 \times 1,16 \times 3}{800}$	Воздушн. вывод	Для ОРУ 6—10 кВ, КТП с НН 6—10 кВ, преимущественно для ТП и КТП 35/6—10 кВ. Шкафы: с МВ, с разрядниками, с разъединителями, ТН отходящей линии
КРН-III	6; 10	$\frac{400; 630}{630}$	<u>ВМГ-10</u> <u>ПП-67</u>	$\frac{1 \times 1,47 \times 2,8}{1100}$	Воздушн. вывод	Для ОРУ 6—10 кВ, КТП с НН 6—10 кВ, преимущественно для ТП и КТП 35/6—10 кВ. Шкафы: с МВ, с разрядниками отходящей линии

251

Серии шкафов	U <sub>н</sub> <sup>п</sup> , кВ	I <sub>н</sub> <sup>п</sup> , А, шин/шкафов	Тип выключателя тип привода	Размеры шкафа, м (ширина×глубина×высота) масса шкафа, кг, отходящей линии	Количество и сечение силовых кабелей, мм <sup>2</sup>	Применение
КУ-VI-У	6; 10	630; 1000;	ВМПП(Э)-10; ВМП-10К ПП-67; ПЭ-11	1×1,8×2,45 1460	3 (3×240)	Для ОРУ до 10 кВ и КТП 35/6—10; 110/6—10; 110/35/6—10 кВ. Шкафы: воздушного (кабельного) ввода или линии, секционирования с МВ, аппаратуры, с разрядниками, ТН, тр-ра с. и. Для ввода и секционирования в КРУ серий К-VI и К-VI-У, когда I <sub>н</sub> > 1000 А. Шкафы серии К-XIII выполнены на базе шкафов внутр. установки серии К-XII.
К-IX	6; 10	1400	ВМПП(Э)-10; ВМП-10К ПП-67; ПЭ-11	1×1,8×2,45	—	
К-XIII	6; 10	1000; 1500; 2000	ВМП-10К; ВМП-10П ПП-67; ПЭ-11	0,9×2,4×1,6	4 (3×240)	
К-XIV	35	630; 1000	ВМП-35П встр. пружин.	1,6×2,9×2,9 2300	—	
К-33	10	2500; 3000 3000	ВМП-10Э (3000) ПЭВ-12	1,35×1,6×2,4 1700	—	
К-34; К-38	6; 10	400; 630 630	ВММ-10 встр. пружин.	0,75×1,4×1,6	2 (3×240)	
К-35	6; 10	—	ВМП-10П ПЭ-11	0,9×2,4×1,6 950	—	
К-37; К-39	6; 10	630; 1000; 1600 1000—3200	ВМПП-10 и ВМПЭ-10 встр. пружин.	0,9×1,6×2,4 1400	4 (3×240)	

Комплектные трансформаторные подстанции (КТП)

Тип КТП	Тип тр-ра	Тип шкафа ввода ВН	Тип шкафа НН *	Аппаратура коммутационная			Габариты, мм масса шкафа, кг	
				на стороне ВН	на вводе в секционировании НН	на отходящих линиях НН	шкафов 6—10 кВ	шкафов 0,4 кВ

КТП внутренней установки 6—10/0,690 — 0,230 кВ

КТП-400	ТМФ	ВВ (1, 2, 3)	КВ (1, 2, 3) *; КВ-5 (а, б); КВ-4	РВ-10/600; ПК-6(10)	АВМ10СВ	БПВ (1, 2) с ПН-2	1,2×0,8×2,37 400—600	0,75×0,82×2,14 130—380
КНТП-400	ТСЗ	ШВВ-3	ШН-9; ШН-6; ШН-7; ШН-11	ВН-11	А3144В	А3134В; А3124В	1,2×0,9×2,5 515	0,8×1,3×2,2 430—600
КТП-250-630; КТПМ-630	ТМФ	ВВ (1, 3, 4)	КРН (1, 2, 3); КРН (5, 6, 8, 9); КРН-5; КРН-7	РВ-10/400; ПК-6(10)	АВ15СВ	А3134В; А3124В	0,7×0,7×0,9 130	0,38×0,85×2 160—600
КТП-630-1000	ТМЗ	ВВ (1, 2, 3)	КН (1, 2, 6); КН (4, 5, 17, 19); КН-3	ВНП-17	АВМ20СВ	АВМ10СВ; АВМ4В; БПВ (4, 6) с ПН-2	1,2×0,83×2,37 400—600	0,75×0,82×2,14 250—850
КНТП-630-1000	ТСЗ; ТМЗ; ТНЗ	ШВВ-3	ШН-8; ШН (1, 2, 4, 5); ШН-10	ВН-11	АВМ20В	АВМ10В; АВМ4В	1,2×0,9×2,5 515	0,8; 1,25×1,3×2,2 430—800
КНТП-630-1000	ТМЗ; ТНЗ	ВВН (1 и 2)	ШН-8; ШН (1, 2, 4, 5); ШН-10	ВН-16; ВНП-17	АВМ20В	АВМ10В; АВМ4В	1,20×0,82×2,37 460—500	0,8; 1,25×1,3×2,3 430—760
КТП-У-630-1000	ТМЗ; ТНЗ	ШВВ-3	ШН-8; ШН (2, 4, 5); ШН-10	ВН-11	АВМ20СВ	АВМ10СВ; А3134В; А3124В	1,2×0,86×2,46 410—600	0,8; 1,25×1,3×2,27 500—1225
КТП-М-1000-1600	ТМЗ; ТНЗ	ШВВ-3	ШНВ-2М; ШНВ-3М; ШНЛ-1М; ШНЛ-2М; ШНС-2М	ВН-11	Э25В; Э40В	Э16В; Э06В	1,2×0,86×2,46 600	0,6; 0,8; 1×1,56×2,2 700—1400

Тип КТП	Тип тр-ра	Тип шкафа ввода ВН	Тип шкафа НН *	Аппаратура коммутационная			Габариты, мм масса шкафа, кг	
				на стороне ВН	на вводе и секционировании НН	на отходящих линиях НН	шкафов 6—10 кВ	шкафов 0,4 кВ
КТП-2500	ТНЗ	ШВВ-3	ШНВ-2К; ШНЛ-2К; ШНЛ-3К; ШНС-3К	ВН-11	Э40В	Э25В; Э16В	$\frac{1,20 \times 0,86 \times 2,46}{600}$	$\frac{0,8; 1,1 \times 1,56 \times 2,21}{1000-1800}$
КТП наружной установки 6—10/0,69—0,23 кВ								
КТП-25; КТП-40	ТМ	—	—	РВ-10/250; ПК-6(10)	А3134В **	А3124В **; ПМН-2	$\frac{1,3 \times 1,15 \times 2,7}{360}$	Количество отходящих линий 3+осв.; 3+осв. 3+осв.; 3+осв.
КТП-63; КТП-100	ТСМА	—	—	РВ-10/250; ПК-6(10)	А3134В	А3124В; ПМН-2	$\frac{1,3 \times 1,15 \times 2,7}{390}$	
КТП-160; КТП-250	ТСМА	—	—	РВ-10/250; ПК-6(10)	А3144В	А3134В; А3124В	$\frac{1,3 \times 1,5 \times 2,7}{390}$	
КТПН-72-160; КТПН-72-250	ТМ	—	—	РВ-10/400; ПК-6(10)	БПВ-6 с ПН-2	ВПВ (1, 2)	$\frac{2,27 \times 3,34 \times 2,67; 5,14}{1200-1500}$	7—9
КТПН-72-400; КТПН-72-630	ТМ	—	—	РВ-10/400; ПК-6(10)	ВПВ-10 с ПН-2	ВПВ (1, 2)	$\frac{2,27 \times 3,34 \times 2,67; 5,14}{1500-2000}$	4—5
КТПН-400	ТМФ	ВВН (1, 2)	КВН-1	ВНП-17	АВМ10СВ	ВПВ (1, 2, 4)	—	5—6
КТПН-630; КТПН-1000	ТМЗ	ВВН (1, 2)	КНН (1, 2, 3) КНН (4 и 5)	ВНП-17	АВМ20СВ	АВМ10СВ	—	7—9

\* Типы шкафов на стороне 0,4 кВ: для ввода, линейные и секционные. Для сокращения записи: КВ-1, КВ-2, КВ-3, а также КРН-1, КРН-2, КРН-3 в таблице указано КВ (1, 2, 3), а также КРН (1, 2, 3) и соответственно в других случаях.  
\*\* На вводе с секционированием на линиях.

## КТП-35/6—10 кВ

Серия, тип и $U_n$ , кВ	Тип и мощность тр-ра, кВ·А	Защитные аппараты ВН	Разъединители	Разрядники	Шкафы НН	Коммутационный аппарат, НН	Площадь КТП, м <sup>2</sup> однофазной двухфазной
СКТП-35 с ПСН-35	ТМ; ТМН: 630; 1000; 1000	ПСН-35	РЛНД-2-35/600	РВС-35; РВС-15	КРН-111-10	ВМГ-10	16×20/24×28
СКТП-35 с КЗ и ОД	ТМ; ТМН: 1600, 2500, 4000, 6300	КЗ-35; ОД-35	РЛНДЗ-2-35/600	РВС-35; РВС-15	КРН III-10	ВМГ-10	$\frac{13,7 \times 21,7}{24 \times 27,4}$ $\frac{20 \times 28}{32 \times 28}$
СКТП-35 с выключателем	ТМ; ТМН; ТД: 2500, 4000, 6300	С-35-630-10	РЛНД-2-35/600	РВС-35; РВС-15	КРН-III-10	ВМГ-10	— 28×36; 36×36
КТПВ-35/6-10×34	ТМН: 1000; 1600; 4000; 6300	ПСН-35; КЗ-35; ОД-35	РНДЗ-2-35/600	РВС-35;	К-34; К-38	ВММ-10	16×25,5/20×30
КТПВ-35/6-10×37	ТМН; ТД: 10 000; 16 000	КЗ-35; ОД-35; С-35-630-10	РНДЗ-1-35/1000; РНДЗ-2-35/1000	РВС-35; РВС-15	К-37; К-33	ВМПП-10	$\frac{20 \times 30}{26 \times 30}$ $\frac{25,5 \times 30}{33,5 \times 36}$
КТП-100/35	ТМ-100/35/0,4	ПСН-35	РЛНД-1-35/400	РВС-35; РВС-15	ШН	А-3124	— 5×6

## КТП-110/6(10) и КТП-110-35/6(10) кВ

КТПВ-110/6(10)×34	ТМН: 2500; 6300	КЗ-110; ОД-110	РНДЗ-2-110/1000 РНДЗ-1-110/1000	РВС-110	К-34; К-38	ВММ-10	16×30,5/28×38,5
КТПВ-110/6(10)×37	ТД: 10 000; 16 000; 25 000; 40 000	КЗ-110; ОД-110	РНДЗ-2-110/1000 РНДЗ-1-110/1000	РВС-110	К-37; К-33	ВМПП-10	20×30,5/32×38,5
КТПВ-110/35/6(10)×37	ТМТН; ТДТН	КЗ-110; ОД-110	РНДЗ-2-110/1000 РНДЗ-2-35/1000	РВС-110; РВС-35; РВС-15	К-37; К-33	ВМПП-10	20×51,5/32×59,5

## Комплектные токопроводы 6—10 кВ в установках с: н. ТЭС и АЭС

Тип	$U_{н'}$ , кВ/ $I_{н'}$ , А	Электро- динамич. стойкость, кА	Сечение алюми- ниевых шин, мм	Характеристика кожуха	Габариты		Масса монтаж- ного блока, кг
					Ширина высота, мм	Длина блока, м	
КЗШ-6/64	6/1760, 2000	64 <sup>1</sup>	125×55×6,5	Прямоуг. стальн.	900, 1180 350	9	500—600
КЗШ-6/100(125)	6/3000, 3200	100, 125	150×80×15	Прямоуг. алюм.	1180/350	9	600—700
ТЗВ-6	6/1700, 2000	56, 75	125×55×6,5 150×55×7	Цилиндр. стальн.	600, 700 590, 700	8	400—500
ТЗВ-10	10/630, 1500	25, 56	125×55×6,5	Цилиндр. стальн.	600, 700 590, 700	8	600—700
ТУКр-6	6/1700	52, 75	125×55×6,5	Цилиндр. стальн.	620, 720 616, 710	7	400—500
ТЭКН-6	6/2000, 3200	125	150×65×7,1 150×65×15	Цилиндр. алюмин.	1270/400	7	450—600
ТКЗ-10	10/1500, 2000	52, 75	(120×10) 125×55×6,5	Прямоуг. стальн.	900, 1180/350	6	500—600
ТЭК-6 ТЗКР-6	6/1800, 2000	52, 80	125×65×6,5	Цилиндр. стальн.	600, 730 590, 720	7	360—550
ТКС-10	10/3200	80, 125	125×65×15	Цилиндр. алюмин.	840/860	6	500—600

- а) МВ — 1 раз в 6—8 лет при условии контроля характеристик МВ с приводом в межремонтный период;
- б) ВН, разъединителей и заземляющих ножей — 1 раз в 4—8 лет (в зависимости от конструктивных особенностей);
- в) ВВ — 1 раз в 4—6 лет;
- г) отделителей и КЗ с открытым ножом и их приводов — 1 раз в 2—3 года;
- д) компрессоров — 1 раз в 2—3 года (или после использования ресурса).

Капремонт разъединителей внутренней установки, требующий снятия напряжения с шин или перевода присоединений с одной системы шин на другую, производится по мере необходимости.

Капремонт остальных аппаратов РУ (ТТ и ТН, конденсаторов связи и т. п.) производится по мере необходимости по результатам профилактических испытаний и осмотров.

## АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

### Аккумуляторы свинцовые стационарные (ГОСТ 825-73)

Характеристика	Тип аккумулятора					
	СК-1			С-1		
Продолжит. заряда, ч . . . . .	1	2	3	5	7,5	10
Емкость, А·ч . . . . .	18,5	22	27	30	33	36
Разрядный ток, А . . . . .	18,5	11	9	6	4,4	3,6
Макс. зарядный ток, А . . . . .	11	11	9	9	9	9
Конечное напряжение разряда, В	1,75	1,75	1,8	1,8	1,8	1,8

Примечание. Значения емкостей и токов для любого аккумулятора больших размеров получаются умножением значений емкостей к токов для СК-1 и С-1 на номер аккумулятора.

Обозначение типа: С — стационарный для продолжительных режимов разряда; СК — то же для коротких режимов разряда; число после букв — номер аккумулятора.

Аккумуляторы С и СК	Размеры сосуда, мм			Масса аккумулятора без электролита, кг	Количество электролита плотностью 1,18 г/см <sup>3</sup> , л
	Длина	Ширина	Высота		
1	80	215	270	6,8	3
2	130	215	270	12	5
3	180	215	270	16	8
4	260	215	270	21	12
5	260	215	270	25	11
6	205	220	485	30	15
8	270	220	485	37	14
10	270	220	485	46	20
12	270	220	485	53	20
14	315	220	485	61	23
16	428	223	490	68	34
18	428	223	490	75	38
20*	428	223	490	82	41
16*	429	279	583	90	34
18*	469	279	583	101	38
20*	504	279	583	110	41
24	344	474	588	138	50
28	379	474	588	155	54
32	414	474	588	172	60
36	454	474	588	188	67
40	499	484	588	208	73
44	534	484	593	226	80
48	574	484	593	243	86
52	609	484	593	260	92
56	649	484	593	278	99
60	684	484	593	295	105

Аккумуляторы С-1—С-20, СК-1—СК-20—в стеклянных сосудах; аккумуляторы С-24, СК-24 и т. д., а также отмеченные \*—в деревянных сосудах, выложенных внутри свинцом.

Аккумуляторы СК отличаются от аккумуляторов С только усиленными соединительными полосами. Напряжение  $U_n$  каждого аккумулятора для всех типов принимается равным 2 В.

Емкость АБ определяется длительностью питания нагрузки электродвигателей, нагрузки аварийного освещения и преобразовательного агрегата связи. Номер АБ, выбранной по условию питания длительной нагрузки, должен проверяться по уровню напряжения на шинах при действии суммарной толчконой и длительной нагрузок с учетом пусковых характеристик одновременно включаемых эл. дв. пост. тока и суммарных токов приводов выключателей.

Расчетная длительность питания нагрузки аварийного освещения принимается равной получасу для ЭС, связанных с энергосистемой, и 1 ч для изолированных ЭС.

Расчетная длительность питания электродвигательной нагрузки пост. тока принимается равной времени, необходимому для аварийной остановки всех основных агрегатов ЭС, обслуживаемых данной АБ.

На ЭС с поперечными связями в тепловой части до 200 МВт включительно устанавливается одна АБ, а при мощности более 200 МВт — две АБ одинаковой емкости.

На ЭС с блочными тепловыми схемами для каждого двух блоков, управляемых с блочных щитов, размещенных в общем помещении, предусматривается установка, как правило, одной АБ; для блоков 300 МВт и выше в тех случаях, когда установка одной АБ на два блока невозможна по условию выбора коммутационной аппаратуры пост. тока, допускается установка отдельной АБ для каждого блока.

Аккумуляторная батарея для обслуживания ОРУ предусматривается без элементного коммутатора в соответствии с нормами технологического проектирования понижающих подстанций.

Все блочные АБ д. б. связаны общей сетью взаиморезервирования, имеющей пропускную способность, соответствующую полной нагрузке получасового аварийного режима одной АБ. Резервирование не учитывается при выборе емкости каждой из АБ.

Все станционные АБ эксплуатируются в режиме пост. подзаряда. На подстанциях с оперативным пост. током устанавливается, как правило, одна АБ на 220 В. На подстанциях 500—750 кВ при соответствующих обоснованиях допускается установка двух АБ.

$R_{из}$  АБ:  $U_n, V/R_{из}, кОм$  — 24/14; 48/25; 110/50; 220/100.  
Капремонт АБ — не ранее чем через 12—15 лет эксплуатации.

### Электрическая прочность изоляции аппаратов до 1000 В (по ГОСТ 12434-73)

Изоляция сухих и чистых аппаратов, не бывших в эксплуатации, в холодном состоянии аппарата при  $t$  и влажности отапливаемых производственных помещений предприятия-изготовителя должна в течение 1 мин выдержать  $U_{исп}$  перем. тока частотой 50 Гц:

$U_n, В$ . . . . .	До 24	24—60	60—300	300—660	660—800	800—1000
$U_{исп}, кВ$ . . . . .	0,5	1	2	2,5	3	3,5

Допустимые температуры, °С, нагрева частей аппаратов управления и распределения эл. энергии на напряжение до 1000 В (ГОСТ 12434-73)

Части аппарата	Режим работы аппарата			
	продолжительный		прерывисто-продолжительный, повторно-кратковременный и кратковременный	
	в воздухе	в трансформаторном масле	в воздухе	в трансформаторном масле
1. Коммутирующие контакты главной цепи:				
а) из меди без покрытия	85	80	105	105
б) гальванически покрытые серебром	240	90	240	105
в) с накладками из серебра и металлокерамических композиций на базе серебра, а также др. материалов	240	90	240	105
г) скользящие с накладками из серебра или металлокерамических композиций на базе серебра	120	90	120	105
2. Коммутирующие контакты вспомогательной цепи с накладками из серебра или металлокерамических композиций на базе серебра	120	90	120	105
3. Контактные соединения внутри аппаратов разборные и неразборные (кроме паяных и сварных):				
а) из меди, алюминия и их сплавов, стали и алюминия, плакированных медью, без защитных покрытий	95	90	95	95
б) из меди, алюминия и их сплавов, низкоуглеродистой стали, защищенные от коррозии покрытием благородными металлами, обеспечивающими стабильность переходного сопротивления лучше меди	105	90	105	105
в) из меди и ее сплавов, из низкоуглеродистой стали, защищенные от коррозии покрытием контактной поверхности серебром	135	90	135	105

Части аппарата	Режим работы аппарата			
	продолжительный		прерывисто-продолжительный, повторно-кратковременный и кратковременный	
	в воздухе	в трансформаторном масле	в воздухе	в трансформаторном масле
4. Контактные соединения внутри аппарата, паяные мягкими оловянистыми припоями:				
а) когда пайка является главным способом, обеспечивающим механическую прочность соединения	100	90	100	100
б) когда пайка частично разгружена от механических нагрузок (склепанные, свинчатые и т. д.)	—	90	—	105
5. Контактные соединения внутри аппаратов, выполненные с помощью пайки твердым припоем или сварки	Не нормируется	90	Не нормируется	105
6. Контактные соединения выводов аппаратов с внешними проводниками	По ГОСТ 10434-68			
7. Обмотки многослойных катушек с изоляционными материалами нагревостойкостью по ГОСТ 8865-70 (при измерении $t$ методом сопоставления) классов:				
У	90	—	110	—
А	105	100	125	100
Е	120	100	140	100
В	130	100	150	100
Ф	155	—	175	—
Н	180	—	200	—
С	180	—	—	—
8. Детали из металла, работающие как пружины:				
а) из меди	75	75	75	75
б) из фосфористой бронзы и аналогичных ей сплавов	105	90	105	105
в) из бериллиевой бронзы и куниаля	150	90	150	105
г) из углеродистой конструкционной качественной стали	120	90	120	105

Части аппарата	Режим работы аппарата			
	продолжительный		прерывисто-продолжительный, повторно-кратковременный и кратковременный	
	в воздухе	в трансформаторном масле	в воздухе	в трансформаторном масле
9. Рукоятки:				
а) из металла	55	—	55	—
б) из изоляционного материала	65	—	65	—
10. Доступные для прикосновения оболочки и др. части	85	—	85	—
11. Масло в верхнем слое	—	80	—	100

Наименьшие допустимые  $R_{из}$  аппаратов, вторичных цепей и электропроводки до 1000 В

Испытуемая изоляция	$U_n$ мега-омметра, В	$R_{из}'$ МОм	Примечание
Вторичные цепи управления, защиты, измерения, сигнализации и т. п. в установках > 1000 В, шинки оперативного тока и шинки цепей $U$ на щите управления	500—1000	10	Производить испытание при отсоединенных цепях
Каждое присоединение вторичных цепей и цепей питания приводов выключателей и разъединителей	500—1000	1	Производить испытание со всеми присоединенными аппаратами
Вторичные цепи управления, защиты, сигнализации в релейно-контактных схемах установок до 1000 В; цепи бесконтактных схем системы регулирования и управления, а также присоединенные к ним элементы	500—1000	По данным завода-изготовителя	

Испытуемая изоляция	$U_n$ мега-омметра, В	$R_{из}'$ МОм	Примечание
Цепи управления, защиты и возбуждения машин пост. тока до 1100 В, присоединенные к цепям главного тока	500—1000	1	
Силовые и осветительные электропроводки	1000	0,5	Испытания в осветительных проводках производятся до ввертывания ламп с подсоединением нулевого провода к корпусу светильника. Изоляция измеряется между проводами и относительно земли
РУ, щиты и токопроводы до 1000 В	500—1000	0,5	Для каждой секции РУ

$U_{исп}$  для вторичных цепей схем защиты, управления, сигнализации и измерения со всеми присоединенными аппаратами — 1000 В, Продолжительность испытания — 1 мин.

Рубильники, включающие (Р) и переключающие (РП) без рукоятки

Тип	$I_{к'}$ А	Число полюсов	Размеры, мм		Расстояние между осями ножей, мм	Масса, кг
			Ширина	Высота		
Р (РП) 26-312	100	2	133	156	40	1,1
Р (РП) 26-352	250		146	197	50	1,4
Р (РП) 26-372	400		185	234	65	3
Р (РП) 26-392	630		290	274	75	5,1
Р (РП) 26-313	100	3	173	138	40	1,4
Р (РП) 26-353	250		196	178	50	2
Р (РП) 26-373	400		250	214	65	4,1
Р (РП) 26-393	630		290	274	75	6,6

## Трубчатые предохранители с закрытыми патронами до 1000 В

Тип	Род тока и напряжение	$I_N$ патрона, А	$I_{пред}$ отключ. перем. тока, кА		$I_N$ плавкой вставки, А
			220/380 В	380/500 В	
ПР-2, разборный (без наполнителя)	Перем. и постоян.	15	1,2/0,8	8/7	6; 10; 15
		60	5,5/1,8	4,5/3,5	15; 20; 25; 35; 45; 60
		100	11/6	11/10	60; 80; 100
		200	11/6	11/10	100; 125; 160; 200
		350	11/6	13/11	200; 225; 260; 300; 350
		600	15/13	23/20	350; 430; 500; 600
		1000	15/15	23/20	600; 700; 850; 1000
НПН, насыпной неразборный (с наполнителем)	Перем. ток до 500 В	60	380 В: 10	500 В: 10	6; 10; 15; 20; 25; 35; 45; 60
			380 В:	500 В:	
ПН-2, насыпной разборный (с наполнителем)	Перем. ток до 380 В, пост. ток до 220 В	100	100	50	30; 40; 50; 60; 80; 100
		250	100	50	80; 100; 120; 150; 200; 250
		400	40	25	200; 250; 300; 350; 400
		600	25	25	300; 400; 500; 600
ПП17-39	Перем. ток 380 В, пост. ток 440 В	1000	110	64	500; 630; 800; 1000
ПП18-33 ПП18-34 ПП18-37 ПП18-39 ПП18-41	Перем. ток 660 В, пост. ток 440 В	160	—	—	50; 63; 80; 100; 125; 160
		250	—	—	125; 160; 200; 250
		400	—	—	250; 320; 400
		630	—	—	400; 500; 630
		1000	—	—	630; 800; 1000

Автоматические выключатели серии АЗ700  
( $U_{н}$ , В: пост. ток — 440, перем. ток — 660)

Тип	Вид расцепителя максимального тока	$I_{н}$ выключателя, А	$I_{н}$ расцепителя максимального тока, А
АЗ710Б	Полупроводниковые и электромагнитные	40	20; 25; 32; 40
		80	40; 50; 63; 80
АЗ720Б	Электромагнитные	160	80; 100; 125; 160
АЗ730Б		250	160; 200; 250;
АЗ740Б		400	160; 200; 250; 320; 400
		630	250; 320; 400; 500; 630

Тип	$I_{пред}$ , кА, выключателя при $U_{н}$			Габариты стационарного исполнения, мм			Масса с полупроводниковыми электромагнитными расцепителями, кг
	440 В (пост.)	380 В (перем.)	660 В (перем.)	Ширина	Глубина	Высота	
АЗ710Б	100	18	18	112	160	355	5,5/6,1 *
	100	36	36				
	100	75	40				
АЗ720Б	100	75	40	150	157	355	7,7/8,4
АЗ730Б	100	100	55	225	160	450	18,2/19,7
АЗ740Б	—	100	60	225	190	550	23,8/26,7

\* Масса выключателя без дополнительных узлов: до черты — при двух полюсах, после черты — при трех полюсах.

Примечание. Обозначения: АЗ7 — автоматический выключатель и серия: 1 (160 А), 2 (250 А), 3 (400 А) и 4 (630 А) — величина выключателя; Б — токоограничивающий выключатель (быстродействующий).

Автоматические выключатели серии АЗ700 в фенопластовом корпусе стационарного исполнения переменного тока 380 В (трехполюсные)

Тип	$I_{н}$ , А		Уставка тока расцепителя, А	$I_{пред}$ выключателя, кА	Габариты, мм		
	выключателя	расцепителя			Ширина	Глубина	Высота
АЗ710ФУЗ	160	160	400; 630; 1000; 1600	25	112	160	320
АЗ720ФУЗ	250	250	1600; 2000; 2500	35	150	160	320
АЗ730ФУЗ	630	400	2500; 3200; 4000	50	225	160	400
	630	630	4000; 5000; 6300	50			

Примечание. Выключатели этих типов изготавливаются и в выдвижном исполнении (в обозначении типа добавляется буква В), а также для постоянного тока. У — климатическое исполнение; 3 — категория размещения.

**Автоматические выключатели серии АМ переменного тока 400 В**

Тип	$I_{н}$ максимальных расцепителей, А	$I$ ударный, кА	Габариты, мм			Масса *, кг
			Ширина	Глубина	Высота	
АМ8	130	30	325	620	375	56
	190	50				
2АМ8-П	260	55				
АМ8-М	375	63				
	500	70				
	625	110				
АМВ-П	800	110	375	709	377	67
	190, 260, 375, 500, 625, 800	40				
АМ15	130	30	403	620	399	76
2АМ15-П	1250	30				
АМ15-М	1500	110				
АМ15-П	1500	110	453	709	399	85
2АМ30-П	1500	40				
АМ30	2000	120	570	709	399	140
АМ30-М	2500	120				
АМ55	3000	140	570	709	399	140
АМ55-П	4000	145				
	5500	145	646	620	399	145
		240				

Примечание. Обозначения: 2 перед буквами — автоматический выключатель с предельной коммутационной способностью выше 40 кА; АМ — серия; 8 (800 А), 15 (1500 А); 30 (3000 А), 55 (5500 А) — обозначение  $I_{н}$ ; М или П — дистанционный привод с демпфирующим устройством (для серии АМ-М) или без демпфирующего устройства (для серии АМ).

Автоматы АМ и АМ-М могут применяться и в цепях пост. тока до 560 В. Габариты приведены для трехполюсных выключателей.

**Автоматические выключатели серии «Электрон» стационарного исполнения переменного тока (трехполюсные) (до 660 В)**

Тип	$I_{н}$ выключателя, А	$I_{н}$ МТЗ *, А	$I$ отключения при 380/660 В, кА	Габариты, мм			Масса, кг
				Ширина	Глубина	Высота	
Э06	800	250; 400; 630; 800	28/20	314	425	470	55 **
Э10	1000	—	—	410	567	595	130
Э16	1600	—	—	410	567	595	150
Э25	3200	1000; 1250; 1600; 2000; 2500	55/35	420	567	505	153 **
Э40	6300	3200; 4000; 6300	105/50	700	567	505	263 **

\* МТЗ — максимальная токовая защита.

\*\* Масса с электродвигательным приводом. Кроме стационарного исполнения автоматы изготавливаются и в выдвижном исполнении, а также и на постоянном токе до 440 В.

**Автоматические выключатели серии АВМ\* (U<sub>н</sub> пост. тока до 440 В; перем. тока до 500 В)**

Тип	$I_{н}$ выключателя, А	$I_{н}$ катушки максимального расцепителя, А	Габариты, мм			Масса, кг
			Ширина	Глубина	Высота	
АВМ-4	400	120; 150; 250; 400	465/445	270/350	488/488	58/69
АВМ-10	1000	500; 630; 800; 1000	465/445	270/350	518/518	60/71
АВМ-15	1500	1000; 1200; 1500	606/688	280/333	645/645	67/77
АВМ-20	2000	1500—2000	756/838	280/333	645/645	98/108

\* В стационарном исполнении.

Примечание. Привод ручной/электромеханический.

**Автоматические выключатели серии А3100 (U<sub>н</sub> пост. тока до 220 В; перем. тока до 500 В)**

Данные выключателя							Данные расцепителя	
Тип	$I_{н}$ , А	Число полюсов	Габариты, мм			Масса, кг	Вид	$I_{н}$ , А
			Ширина	Глубина	Высота			
А3160	50	1; 2; 3	105	89	153	1,15	Тепловой	15, 20, 25, 30, 40, 50
А3110	100	2; 3	105	112	257	2,6	Комбинированный	15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100
А3120	100	2; 3	153	110	259	4	То же	15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100
А3130	200	2; 3	209	111	395	9,1	» »	120, 150, 200
А3140	600	2; 3	217	150	560	19,4	» »	250, 300, 400, 500, 600

Примечание. Автоматические выключатели серий АЕ-2000 и АП50 имеют то же назначение, область применения и характеристики расцепителей, что и выключатели серии А3100.

Контакты серии КТ-6000 ( $U_H$  перем. тока до 660 В)

Тип	$I_H$ , А	Число полюсов	Габариты, мм			Масса, кг
			Ширина	Глубина	Высота	
КТ-6002	63	2	380	215	190	7
КТ-6003		3				8,2
КТ-6012	100	2	380	177	209	6
КТ-6013		3	380			7,1
КТ-6014		4	480			8,7
КТ-6022	160	2	380	177	216	6
КТ-6023		3	380			7,1
КТ-6024		4	400			8,7
КТ-6032	250	2	480	198	235	14
КТ-6033		3	480			17,5
КТ-6034		4	580			21,5
КТ-6035		5	680			25
КТ-6042		400	2			480
КТ-6043	3		580	37		
КТ-6044	4		780	45		
КТ-6045	5		880	52		
КТ-6052	630		2	580	278	335
КТ-6053		3	580	55		
КТ-6054		4	880	66		
КТ-6055		5	980	75		

Контакты вакуумные электромагнитные серии КТ-11  
( $U_H$  перем. тока до 660 В)

Тип	$I_H$ , А	Ток управления	Габариты, мм			Масса, кг
			Ширина	Глубина	Высота	
КТ-11-2931	63	Пост.	148	140	233	3
КТ-11-2932		Перем.				
КТ-11-3331	160	Пост.	220	210	252	7
КТ-11-3332		Перем.				
КТ-11-3731	400	Пост.	270	290	293	20
КТ-11-3732		Перем.				
КТ-11-4131	1000	Пост.	370	385	475	61
КТ-11-4132		Перем.				

### Магнитные пускатели ПМЕ

Величина пускателя	Тип пускателя	$P_{\text{макс}}$ управляемого дв., кВт, при $U_{\text{н}}$ , В				$I_{\text{н}}$ главной цепи пускателя, А, при $U_{\text{н}}$ , В		Размеры, мм; масса, кг
		127	220	380	500	до 380	500	
0	ПМЕ-000	0,27	0,6	1,1	0,6	3	1,5	65×119×75 ÷ 211×260×136; 0,55—4
I	ПМЕ-100	1,1	2,2	4	4	10	6	85×68×84 ÷ 155×130×388; 0,55—3,3
II	ПМЕ-200	3	5,5	10	10	25	14	90×118×102 ÷ 275×191×355; 1,3—5,5

Примечание. Встраиваемые тепловые реле — ТРН: виды исполнений; открытое (IP00), защищенное (IP30), пылерызгонепроницаемое для наружной установки под навесом; допускают дистанционное управление.

### Магнитные пускатели ПАЕ

Величина пускателя	Серия	$P_{\text{макс}}$ эл. дв. с к. в. ротором, кВт, при $U_{\text{н}}$ , В				$I$ главных контактов, А	Масса без тепловых реле <sup>1</sup> , кг		Габаритные размеры, мм
		127	220	380	500		открытого	защищенного	
III	ПАЕ-300	4	10	17	50	40	2,1/5,1	3,7/8,7	115×275×114
IV	ПАЕ-400	10	17	30	22	63	4,2/7,2	7,2/14,2	183×290×135
V	ПАЕ-500	17	30	55	40	110	6,4/12,8	11,9/21,5	200×335×156
VI	ПАЕ-600	22	40	75	55	146	8,9/18,3	15,4/28,8	230×380×190

<sup>1</sup> До черты — нереверсивного; после черты — реверсивного.

## Станции управления общепромышленного назначения

Управление эл. дв. до 75 кВт предусмотрено в блоках магнитными пускателями серий ПМЕ и ПАЕ; свыше 75 кВт — контакторами.

Станции управления асинхронными дв. с к. з. роторами:

БУ5120 — БУ5135 — для неререверсивных дв. при прямом пуске без эл. торможения;

ПУ5222 — то же при прямом пуске с динамическим торможением на сеть пост. тока;

ПУ5230 и ПУ5321 — то же при пуске с пониженным напряжением;

БУ5409 — БУ5434 — для реверсивных дв. при прямом пуске с торможением противоключением (без ограничения тока);

ПУ5509; ПУ5511; ПУ5522 — то же при прямом пуске с динамическим торможением на сеть пост. тока.

Станции управления многоскоростными асинхронными дв. с к. з. ротором:

для неререверсивных двухскоростных дв.: БН5701 — БН5704;

для неререверсивных трехскоростных дв.: БН5705 и БН5706;

для реверсивных четырехскоростных дв.: БН5707 и БН5708;

для реверсивных двухскоростных дв.: БН5711 и БН5712;

для реверсивных трехскоростных дв.: БН5713;

для реверсивных четырехскоростных дв.: БН5714.

Станции управления асинхронными дв. с фазным ротором:

для неререверсивных дв. без торможения: ПУ6120 и ПУ6122;

то же с динамическим торможением на сеть пост. тока: ПУ6220;

для реверсивных дв. с торможением противоключением: ПУ6421.

Станции управления синхронными дв.:

для дв. НН при пуске через реактор или активное сопротивление: ПН7401 и ПН7402;

для дв. НН при прямом пуске: ПН7501 — ПН7504.

Разные:

БУ (ПУ) — для дв. пост. тока

## Реле защиты

Реле макс. тока РТ-40: пределы уставок 0,05—200 А; временные характеристики:  $t_{сраб} \leq 0,1$  с при  $1,2 I_{уст}$ ;  $t_{сраб} \leq 0,03$  с при  $3 I_{уст}$ ; размеры  $66 \times 126 \times 167$  мм; масса 0,75 кг. Серия РТ-40 заменила серию ЭТ-520.

Реле макс. тока РТ-80 и РТ-90:  $I_n = 5$  и  $10$  А;  $I_{сраб} = 2 \div 5$ ;  $4 \div 10$  А;  $t_{сраб} = 0,5 \div 4$ ;  $2 \div 16$  с. Уставки на кратность тока срабатывания элемента отсечки 2—8; размеры  $243 \times 148 \times 160$  мм; масса 3,5 кг. Серия РТ-80 заменила серию ИТ-80.

Реле напряжения РН-50; пределы уставок 15—400 В;  $t_{сраб} \leq 0,1$  с при  $1,2 U_{уст}$ ; размеры  $66 \times 126 \times 155$  мм; масса 0,85 кг. Серия РН-50 заменила серию ЭН-520.

Реле мощности быстродействующее РМБ170 и РМБ270;  $I_n = 1$  и  $5$  А; угол максимальной чувствительности —30; —45; +70;  $F_{сраб}$  при угле макс. чувствительности и  $I_n = 0,2$ —4 В·А;  $U_n = 100$  В; размеры  $175 \times 195 \times 190$  мм; масса 4,6 кг.

Реле понижения частоты ИВЧ-3;  $U_n = 100$  В;  $f = 50$  Гц; пределы регулирования частоты срабатывания 49—45 Гц; разность частот срабатывания и возврата 0,1 Гц; размеры  $175 \times 195 \times 190$  мм; масса 6 кг.

Реле разности частот ИРЧ-01А:  $U_n = 100$  В; пределы  $f = 60 \div 40$  Гц; разность частот при срабатывании 1 Гц; размеры  $175 \times 195 \times 190$  мм; масса 5 кг.

Реле дифференциальные РНТ:  $I_{сраб} = 0,33 \div 33,3$  А; размеры  $175 \times 195 \times 220$  мм; масса 4 кг; ДЗТ-11:  $I_{сраб} = 1,45 \div 12,5$  А; размеры  $204 \times 228 \times 220$  мм; масса 4 кг; ДЗТ-13/2:  $I_{сраб} = 0,345 \div 33,3$  А; размеры  $218 \times 385 \times 218$  мм; масса 10,5 кг.

Реле сопротивления КРС:  $U_n = 100$  В;  $I_n = 1$  и  $5$  А; уставки на сопротивление срабатывания, Ом, на фазу: 2 (5 А), 10 (1 А); размеры  $218 \times 385 \times 260$  мм; масса 11—14 кг.

Реле времени ЭВ: пост. ток  $U_n = 24$ ; 48; 110; 220 В; перем. ток  $U_n = 100$ ; 127; 220; 380 В; пределы регулирования времени: 0,1—1,3; 1—20 с; размеры  $99 \times 139 \times 134$  мм; масса 1,5 кг.

Реле промежуточные РП: пост. ток  $U_n = 24$ ; 48; 110; 220 В; перем. ток  $U_n = 100$ ; 127; 220 В;  $t_{сраб} = 0,01 \div 0,11$  с при  $U_n$ ; размеры  $88 \times 128 \times 118$  мм; масса 0,7 кг (РП-210, РП-232);  $66 \times 126 \times 166$  мм; 1,3 кг (РП-250, РП-256).

Реле указательные РУ-21: реле тока  $I_{сраб} = 0,01 \div 4$  А; реле напряжения  $U_n = 12$ ; 24; 48; 110; 220 В; размеры  $65 \times 65 \times 110$  мм; масса 0,4 кг.

Реле тока обратной последовательности РТФ-1М: пределы уставок тока обратной последовательности входе фильтра, А: от 1,5 до 6 и от 0,3 до 1,2; размеры  $175 \times 195 \times 190$  мм; масса 5,8 кг.

Реле напряжения обратной последовательности РНФ-1М:  $U_n = 100$  В; уставки по напряжению срабатывания (линейному) обратной последовательности от 6 до 12 В; размеры  $175 \times 195 \times 190$  мм; масса 4 кг.

Реле блокировочные КРБ:  $U_n = 100$  В (перем. ток); 110 и 220 В (пост. ток);  $I_n = 1 \div 5$  А; размеры  $290 \times 300 \times 270$  мм; масса 18 кг.

Реле повторного включения РПВ:  $U_n$  пост. тока 110 и 220 В; регулировка времени срабатывания 0,5—9 с;  $I_n$  удерживающей обмотки промежуточного реле, А: 0,25—2,5 и 4; размеры  $175 \times 195 \times 170$  и  $175 \times 195 \times 220$  мм; масса 3,7 и 4,5 кг.

Газовое реле ПГЗ-22 и РГЧЗ:  $U_n = 220$  В;  $I_n = 1$  А. Многоконтактные реле МКУ:  $U_n = 24$ ; 127; 220; 380 В (перем. ток); 12; 24; 48; 110; 220 В (пост. ток); время сраб. 0,035 с (8 контактов) и 0,06 с (8—16 контактов); размеры  $55 \times 113 \times 125$  мм; масса 0,36 кг (открытые) и 0,5 кг (в кожухе).

Кодовое реле КДР на число колонок: 1; 1—2; 1—3; 2—3; 4; 5;  $U_n = 6$ ; 12; 24; 48; 110; 220 В;  $U$  полного притяжения 2,1—177,2 В;  $U$  отпадания 0,1—50 В.

Тепловые реле ТРТ (однополюсные):  $I_n = 1,75 \div 550$  А;  $U_n$  до 500 В; ток уставки  $(0,85 \div 1,15) I_n$ ; размеры  $32 \times 120 \times 110$ ;  $32 \times 160 \times 110$ ;  $60 \times 180 \times 180$  мм; масса 0,55; 0,7 и 2 кг соответственно.

Реле ТРП (однополюсные):  $I_n = 1 \div 600$  А;  $U_n$  до 500 В; ток уставки  $(0,75 \div 1,25) I_n$ ; масса 0,18—1,6 кг.

Реле ТРН (двухполюсные):  $I_n = 3,2 \div 40$  А;  $U_n$  до 500 В; ток уставки  $(0,75 \div 1,3) I_n$ ; масса 0,28—0,43 кг.

Реле ТРА и ТРВ (однополюсные):  $I_n = 7 \div 215$  А;  $U_n$  до 380 В;  $I_{сраб. мин} = (1,06 \div 1,2) I_n$ ; размеры  $100 \times 37 \times 46$  мм (без шунта);  $125 \times 51 \times 46$  мм (с шунтом); масса 0,2—0,5 кг.

## ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Силовые полупроводниковые приборы (наиболее распространенные)

Параметр	Диоды низкочастотные					Диоды для возбуждения турбог-ров		Тиристоры низкочастотные			
	В2-320	В-10; ВЛ-10	В-25; ВЛ-25	В50; ВЛ-50	В200; ВЛ-200	В6-200	В3-500	Т-25	Т-50	Т-160	ТВ2-320
Ударный ток $I_{уд}$ , кА, при длительности 10 мс и $t$ структуры 140°C	6,5	0,55	0,9	2	5,5	5,5	9	0,8	1,5	3,3	4,5
Повторяющееся напряжение $U_{п}$ , В	150—3800	В зависимости от класса: 150, 300, 500, 600, 700, 900, 1000, 1200, 1300, 1600					1000—3800	50—1200	50—1200	50—1200	100—1400
Рекомендуемое рабочее напряжение $U_{р}$ , В	100—2600	$U_{н}$ в зависимости от класса: 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200					670—2500	40—960	40—960	40—960	80—1120
Прямое падение напряжения $\Delta U_{пр}$ , В, при токе $I_{п.к.}$ , не более	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7	0,65	0,9	0,85	0,77	0,75	0,8
Отпирающий ток управления $I_{у}$ , мА, при $t$ структуры 25°C и $U_{пр} = 12$ В, не более	—	—	—	—	—	—	—	200	300	300	400
Отпирающее напряжение управления $U_{у}$ , В, при $t$ структуры 25°C и $U_{пр} = 12$ В, не более	—	—	—	—	—	—	—	5,5	7	7	8
Габаритные размеры (с охладителем): длина×ширина×высота, мм	126×150×200	72×72×119	90×90×149	75×44×258	80×70×362	⌀ 58, h = 50	100×76×58	90×90×149	80×70×260	80×70×362	⌀ 62, h = 358
Масса с охладителем, кг	3,8	0,13	0,22	0,53	1,27	—	0,93	0,26	0,93	1,2	1,45

Примечание. Максимально допустимая  $t$  структуры: диодов 140°C, тиристоров 125°C. Число в обозначении типа — предельный ток  $I_{п.к.}$ , А.

Продолжение

Тиристоры быстродействующие						Тиристоры для возбуждения турбог-ров		Симметричные тиристоры	
ТВ2-160	ТВ-200	ТВ3-200	ТВ-250	ТВ-320	ТВ-400	Т2-160	Т3-500	ТС160	ТС10
4	4,5	4,5	5	6	7	3,3	7	1,4	0,14
300—1200	300—1200	300—1000	300—1000	300—1200	300—1000	400—1000	1000—2000	50—1000	100—1200
$0,7U_{н}$	$0,7U_{н}$	$0,7U_{н}$	$0,7U_{н}$	$0,7U_{н}$	$0,7U_{н}$	320—800	800—1600	45—800	80—960
2	2,4	1,7	2	2,8	2,1	0,72	0,98	1,34	1,5
350	350	350	350	400	400	300	400	400	100
5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	6	7	7	5
120×120×171	210×150×126	120×120×171	210×150×126	—	—	⌀ 58, h = 50	100×76×58	80×70×362	68×68×40
2,8	5,1	2,8	5,1	5,3	5,3	—	0,93	1,3	0,17

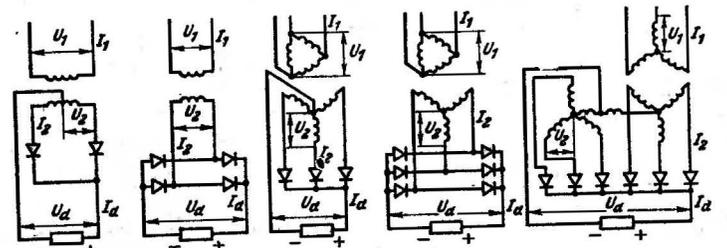
Преобразователи частоты

Тип	$U_n$ питающей сети, кВ	$f_n$ питающей сети, Гц	$f$ выходная, Гц	$U$ выходное, кВ	К. п. д.	cos φ	Габариты, мм	Масса, кг
ТПЧ-30	0,38	50	5-60	0-0,23	0,87	0,85	700×900×2120	500
СПЧР-3500/6	6	50	5-50	6	0,925	0,89	8000×1250×3000	7500
ТПЧ-500-2,4-00	0,38	50	2400	0,8	0,9	0,90	4000×800×2200	4200
ТПЧ-800-1/0,5	0,38	50	1000; 500	0,6-1	0,94	0,92	Шкафы выпрямителя и инвертора: 1600×900×2740. Шкаф управл. 1010×500×2215. Блок дросселей 1000×900××2160	
ПЧС-4,0-150/200/400-36 (230)-А (П)	0,38	50	150; 200; 400	0,036/0,23	0,84	0,94	650×576×978	215
ПЧС-10-150/200/400-36 (230)-А (П)	0,38	50	150; 200; 400	0,036/0,23	0,85	0,94	760×686×1196	325
ПЧС-25-150/200/400-230У2	0,38	50	150; 200; 400	0,23	0,83	0,94	1267×900×2264	920

Примечание. ТПЧ-30 и СПЧР-3500/6 — преобразователи частоты для питания асинхронных эл. дв. с к. з. ротором; ТПЧ-800-1/0,5 и ПЧС — преобразователи частоты для питания электротермических устройств и электронинструмента.  
 В обозначении типа: Т — тиристорный, П — преобразователь, Ч — частоты, С — статический, Р — регулируемый; первое число —  $P_n$ , кВт; второе число —  $f_n$ , Гц; третье число —  $U_{нв}$  кВ (выходное); А-У1 и П-У4, а также У2 — климатические условия и категория размещения установки.

Выпрямительные схемы

Соотношения параметров



Однофазная  
нулевая  
схема  
Однофазная  
мостовая  
схема  
Трех-  
фазная  
схема  
с нулевым  
выводом  
Трехфазная  
мостовая  
схема  
Трехфазная схема  
(двойная) с урав-  
нительным реактором

$$U_d/U_2$$

$$U_{обр. макс} / U_{ном}$$

$$I_2 / I_d$$

$$I_1 / I_d (k_{тр-ра} = 1)$$

$$S_{тр-ра} / P_d$$

Коэффициент искажения  
Применение

0,9	0,9	1,17	2,34	1,17
3,14	1,57	2,1	1,05	2,1
0,71	1	0,58	0,82	0,29
1	1	0,82	1,42	0,41
1,34	1,11	1,35	1,05	1,32
—	—	0,83	0,95	0,94
До 20 А на электронных и ионных вентиллях	До 20 А на полупровод- никах	Десятки кิโลватт	Для больших мощностей: 1) 3 кВ с ионными вентиллями; 2) на полу- проводниках	Сотни и тысячи кило- ватт, на ионных вентиллях

## Блоки питания оперативных цепей

Тип	$U_n$ входа, В	$U_n$ вы- хода, В	$P_n$ вы- хода, Вт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
БП-11	110; 220	110; 24	20—25	195×175×180	2,5; 3,5
БП-101	110; 220	110; 48; 24	160—240	222×138×190	8; 55
БП-1002	110; 220; 380	110; 220	800—1500	340×354×302	30
БПНС-1	100; 230; 400	220	650—1200	1100×600×350	150
БПРУ-66	220; 380	220	66 000*	900×600×1200	130
КВУ-66	220; 380	220	66 000*	600×350×800	55
БПЗ-402	110; 127; 220	110; 220	100—200	282×240×147	7

\* Наибольшая мощность в импульсе длительностью в 1 с. БПРУ применяются для питания электромагнитных приводов выключателей БН.

Выпрямительный зарядно-подзарядный агрегат ВАЗП-380/260;  $U_n$  выпрямленное 380/260 В;  $I_n$  выпрямленный 40/80 А; масса 430 кг; габаритные размеры 0,8 × 0,6 × 1,9 м.

### ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ГАЗООБРАЗНОЙ СРЕДЫ И ВЫСОТЫ МЕСТА УСТАНОВКИ НАД УРОВНЕМ МОРЯ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

#### Электрические машины (п. 1. 14 ГОСТ 183-74)

Предельные допускаемые превышения температуры частей эл. машин при  $t$  газообразной охлаждающей среды, отличающейся от +40°C, на высоте над уровнем моря более 1000 м д. б. следующими:

а) при  $t$  газообразной охлаждающей среды выше +40°C (но не более +60°C) устанавливаются по согласованию с предприятием-изготовителем;

б) при  $t$  газообразной охлаждающей среды менее +40°C предельные допускаемые превышения  $t$ , указанные в табл. на стр. 168, для всех классов изоляционных материалов м. б. увеличены на разность между  $t$  охлаждающей среды и  $t = +40°C$ , но не более чем на 10°C, для всех эл. машин, за исключением турбог-ров и СК, для которых эти величины д. б. указаны в стандартах на эти машины. Допускаемые нагрузки машины, соответствующие этим измененным предельным допускаемым превышениям  $t$ , по требованию заказчика должны сообщаться предприятием-изготовителем.

Предельные допускаемые превышения  $t$  эл. машин, предназначенных для установки на высоте над уровнем моря более 1000 м (но не более 4000 м) при измерении  $t$  на высоте до 1000 м д. б. уменьшены на 1% от указанных в табл. на стр. 168 на каждые 100 м сверх 1000 м для изоляционных материалов всех классов при условии, что  $t$  охлаждающей среды не выше +40°C.

**Испытательные напряжения для элементов и цепей статических преобразователей<sup>1</sup>**

Узлы и цепи преобразователя	Узлы, по отношению к которым испытывают изоляцию	$U_{\text{исп}}, В$ , для схем:	
		нулевых	мостовых
<i>Преобразователи</i>			
Цепи, связанные с анодами	Заземленные детали	$2,25U_{x,x} + 3750$	$1,025U_{x,x} + 3750$
Катоды и корпуса вентилях и цепи, связанные с катодами, расположенными в шкафах	Заземленные детали	$1,5U_{x,x} + 750$	$1,025U_{x,x} + 3750$
Рамы	Заземленные детали	—	$1,5U_{x,x} + 750$
Вторичные обмотки вспомогательных тр-ров и цепи, связанные с ними	Первичные обмотки вспомогательных тр-ров и цепи, связанные с ними	$1,5U_{x,x} + 750$ (но не менее 2250 В)	$1,025U_{x,x} + 3750$
<i>Преобразовательные тр-ры</i>			
Вентильные обмотки и их выводы	Корпус и др. обмотки	$2,25U_{x,x} + 3750$	$1,025U_{x,x} + 3750$
Уравнительные реакторы (обмотки и выводы) и вторичные обмотки утрителей частоты	Корпус	$2,25U_{x,x} + 3750$	—
Ветви уравнительного реактора	По отношению друг к другу	$1,025U_{x,x} + 750$	—
Анодные делители (обмотки и выводы)	Корпус или заземленные детали	$2,25U_{x,x} + 3750$	$1,025U_{x,x} + 3750$

<sup>1</sup> Данные не распространяются на тиристорные возбудители СГ и СК.

Примечание. Продолжительность испытания 1 мин.

**Примечание.** Если абсолютное давление в охлаждающей системе машины, соответствующее высоте над уровнем моря до 1000 м, поддерживается постоянным независимо от высоты установки машины над уровнем моря, то вводить поправку в допускаемые превышения  $t$  в связи с изменением высоты установки эл. машины над уровнем моря не требуется.

**Электрооборудование переменного тока от 3 до 500 кВ.  
Требования к эл. изоляции (по ГОСТ 1516.1-76)**

Нейтраль эл. сети от 3 до 35 кВ м. б. как заземленной, так и изолированной (коэффициент замыкания на землю около 1,73), а от 110 до 500 кВ д. б. заземленной (коэффициент замыкания на землю не выше 1,4).

Изоляция электрооборудования, предназначенного для работы на высоте над уровнем моря от 1000 до 3500 м, должна выдерживать  $U_{исп}$  внешней изоляции грозовых импульсов, коммутационных импульсов (в сухом состоянии) и промышленной частоты при плавном подъеме (в сухом состоянии), а для сухих тр-ров и реакторов (кроме тр-ров и реакторов с литой изоляцией) также  $U_{исп}$  внутренней изоляции, получаемые умножением указанных в таблице на стр. 161  $U_{исп}$  на коэффициент

$$K = \frac{1}{1,1 - \frac{H}{10\,000}},$$

где  $H$  — высота установки электрооборудования над уровнем моря, м.

Внешняя изоляция электрооборудования, предназначенного для работы на высоте над уровнем моря от 1000 до 3500 м, должна выдерживать  $U_{исп}$  коммутационных импульсов и промышленной частоты при плавном подъеме, получаемые умножением указанных в таблице на странице 161  $U_{исп}$  на коэффициент

$$K_1 = 1 + 0,75 (K - 1),$$

где  $K$  — коэффициент, определяемый выше.

Изоляция электрооборудования категорий размещения 3 и 4, предназначенного для работы при верхнем рабочем значении  $t$  окружающего воздуха выше 45°C, должна выдерживать  $U_{исп}$  внешней изоляции грозовых импульсов, коммутационных импульсов (в сухом состоянии) и промышленной частоты при плавном подъеме (в сухом состоянии), а для сухих тр-ров и реакторов (кроме тр-ров и реакторов с литой изоляцией) также  $U_{исп}$  внутренней изоляции, увеличенные по сравнению с указанными в таблице на стр. 161 на 1% на каждые 3°  $t$  сверх 45°C.

Данное указание относится также к внешней изоляции электрооборудования внутри оболочки КРУ, КТП и экранированных токопроводов.

По нормам американского стандарта при установке автоматов на высоте больше 1000 м над уровнем моря должны быть приняты следующие снижающие коэффициенты на  $I_H$  и  $U_H$ :

Высота над уровнем моря, м	Поправочные коэффициенты		Высота над уровнем моря, м	Поправочные коэффициенты	
	$I_H$	$U_H$		$I_H$	$U_H$
1000	1,00	1,00	3000	0,96	0,80
1200		0,98	3600		0,75
1500	0,99	0,95	4200		0,70
1800		0,92	4800		0,65
2100		0,89	5400		0,61
2400		0,86	6000	0,90	0,56

Этими данными можно также пользоваться для контакторов, пускателей и другой аналогичной аппаратуры.

### Резисторы

Масса резисторов д. б. увеличена при установке их на высоте над уровнем моря: 1000—1800 м — на 10%, 1800—3000 м — на 20%; 3000—3600 м — на 30%; 3600—4250 м — на 45%.

Следует учесть, что относительное увеличение массы резистора на 10% эквивалентно снижению токовой нагрузки в нем на

$$\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1,1}}\right) \cdot 100 = 5\%.$$

### Катушки аппаратов

Катушки эл. аппаратов должны надежно работать при  $U = 1,05 U_H$ ; следует снижать  $U$ , подводимое к катушкам, на 0,5% на каждые 100 м сверх 2000 м над уровнем моря.

Для высоты до 2000 м над уровнем моря никаких снижений  $U$ , подводимого к катушкам, не предусматривать.

### Подвесные гирлянды ОРУ

В установках, расположенных выше 1000 м над уровнем моря, число изоляторов увеличивают: при напряжении 100—150 кВ и высоте до 2500 м — на 1; при 200 кВ и 2000 м — на 1; при 330—500 кВ и 2000 м — на 2 изолятора.

## ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ

### Ориентировочные параметры ВЛ (провода АС)

U <sub>н</sub> , кВ	Средняя длина пролета <sup>1</sup> , м	Среднее расстояние между проводами при их горизонт. располож., м	Марка проводов по условиям коронирования	x, Ом/км
110	200—350	3,75	1 × АС-70	0,41
220	250—450	5,5	1 × АС-240	0,42
330	350—450	6,5	1 × АС-600, 2 × АС-240 и 3 × АС-150	0,32
500	350—450	7,5	2 × АС-700 и 3 × АС-400	0,3
750	—	—	—	—

Продолжение

U <sub>н</sub> , кВ	Емкост. проводим., мкСм/км	Натуральная мощн., МВт, при волновом сопротивл., Ом		P <sub>накс</sub> на одну цепь, МВт	L <sub>макс</sub> , км
		400	275		
35	2,7	—	—	10—25	40—50
110	2,6	30	—	25—50	50—150
220	2,6	120	—	100—200	150—350
330	3,6	270	—	300—400	300—600
500	3,7	625	900	700—900	900—1200
750	—	1300	2100	1500—2500	1200—1600

<sup>1</sup> Меньшие значения — для деревянных опор, большие — для стальных.

### Нормативные скоростные напоры ветра на высоте 15 м от земли

Район СССР по ветру	Скоростной напор ветра, Па (скорость ветра, м/с), с повторяемостью			Район СССР по ветру	Скоростной напор ветра, Па (скорость ветра, м/с), с повторяемостью		
	1 раз в 5 лет	1 раз в 10 лет	1 раз в 15 лет		1 раз в 5 лет	1 раз в 10 лет	1 раз в 15 лет
I	270 (21)	400 (25)	550 (30)	V	700 (33)	800 (36)	850 (37)
II	350 (24)	400 (25)	550 (30)	VI	850 (37)	1000 (39)	1050 (41)
III	450 (27)	500 (28)	550 (30)	VII	1000 (40)	1150 (43)	1250 (45)
IV	550 (30)	650 (32)	700 (33)				

### Нормативная толщина стенки гололеда для высоты 10 м над поверхностью земли

Район СССР по гололеду	Толщина стенки гололеда, мм, с повторяемостью		Район СССР по гололеду	Толщина стенки гололеда, мм, с повторяемостью	
	1 раз в 5 лет	1 раз в 10 лет		1 раз в 5 лет	1 раз в 10 лет
I II III	5 5 10	5 10 15	IV Особый	15 20 и более	20 Боле 22

Охранная зона ВЛ определяется параллельными прямыми, отстоящими от крайних проводов на следующие расстояния:

U, кВ	1—20	35	110	150—330	400—500	750 и выше
Расстояние, м	10	15	20	25	30	40

### Опоры и провода ВЛ

**Деревянные опоры:**  
одиноцепные ВЛ 35—110—150 кВ с проводами до АС-185 включительно в лесных районах; то же 220 кВ — Сибирь.

**Железобетонные опоры:**  
одиноцепные ВЛ — 35—110—150 кВ, для которых применение деревянных опор не дает существенных экономических преимуществ;

все одиноцепные ВЛ 220 кВ;  
все двухцепные ВЛ 35—110 кВ;  
одиноцепные ВЛ 330 кВ с горизонтальным расположением проводов; на ВЛ 500 кВ, проходящих в равнинных условиях, где применение металл. опор экономически не оправдано.

**Стальные опоры:**  
двухцепные ВЛ 35—110—150 кВ и одиноцепные ВЛ 220 кВ в районах, где не допускается применение железобетонных опор;  
одиноцепные ВЛ 330 кВ в горной и сильно пересеченной местности с опорами на оттяжках и негоризонтальным расположением проводов в любой местности;

двухцепные ВЛ 220—330 кВ;  
ВЛ 500 кВ, кроме ВЛ, проходящих в равнинных условиях, где применение металл. опор экономически не оправдано;  
одно- и двухцепные ВЛ для анкерно-угловых опор в стесненных районах городской застройки.

На ВЛ, как правило, применяются провода марки АС.

**Марки и преимущественные области применения проводов (по ГОСТ 839-74)**

Марка проводов	Конструкция проводов	Преимущественная область применения
М	Провод, состоящий из одной или более медных проволок с одним и тем же номинальным диаметром, скрученных концентрическими повивами	В атмосфере воздуха типов I и III на суше и море всех макроклиматических районов <sup>1</sup>
А	Провод, состоящий из семи или более алюминиевых проволок с одним и тем же номинальным диаметром, скрученных концентрическими повивами	В атмосфере воздуха типов I и II, но при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг/(м <sup>2</sup> ·сут) (1,5 мг/м <sup>3</sup> ) на суше всех макроклиматических районов, кроме районов ТВ и ТС <sup>1</sup>
АКП	Провод марки А, но межпроволочное пространство всего провода, за исключением наружной поверхности, заполнено нейтральной смазкой повышенной термостойкости	На побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и в районах засоленных песков, а также в прилежащих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III в случаях, когда содержание в атмосфере сернистого газа превышает 150 мг/(м <sup>2</sup> ·сут) (1,5 мг/м <sup>3</sup> ) и хлористых солей превышает 2 мг/(м <sup>2</sup> ·сут) на суше и море всех макроклиматических районов <sup>1</sup>
АС	Провод, состоящий из сердечника из стальных оцинкованных проволок и наружного повива или повивов из алюминиевых проволок	В атмосфере воздуха типов I и II, но при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг/(м <sup>2</sup> ·сут) (1,5 мг/м <sup>3</sup> ) на суше всех макроклиматических районов, кроме районов ТС и ТВ <sup>1</sup>

*Продолжение*

Марка проводов	Конструкция проводов	Преимущественная область применения
АСКС	Провод марки АС, но межпроволочное пространство стального сердечника, включая его наружную поверхность, заполнено нейтральной смазкой повышенной термостойкости	На побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и в районах засоленных песков, а также в прилежащих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III, но при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг/(м <sup>2</sup> ·сут) (1,5 мг/м <sup>3</sup> ) и хлористых солей не более 200 мг/(м <sup>2</sup> ·сут) на суше всех макроклиматических районов, кроме районов ТВ <sup>1</sup>
АСКП	Провод марки АС, но межпроволочное пространство всего провода, за исключением наружной поверхности, заполнено нейтральной смазкой повышенной термостойкости	На побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и в районах засоленных песков, а также в прилежащих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III на суше и море всех макроклиматических районов <sup>1</sup>
АСК	Провод марки АС, но стальной сердечник изолирован двумя лентами из полиэтилентерефталатной пленки. Многопроволочный стальной сердечник под полиэтилентерефталатными лентами д. б. покрыт нейтральной смазкой повышенной термостойкости	На побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и в районах засоленных песков, а также в прилежащих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III, но при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг/(м <sup>2</sup> ·сут) (1,5 мг/м <sup>3</sup> ) и хлористых солей не более 200 мг/(м <sup>2</sup> ·сут) на суше всех макроклиматических районов, кроме районов ТВ <sup>1</sup>

<sup>1</sup> По ГОСТ 15150-69, см. стр. 17.

Провода неизолированные медные, алюминиевые и сталеалюминиевые (ГОСТ 839-74)<sup>1</sup>

Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>	Марка провода							
	М				А и АКП			
	Число проволок; $\varnothing$ их, мм	Расчетный $\varnothing$ провода, мм, за чертой — строительная длина провода, м	Эл. сопротивление пост. току при 20°C, Ом/км (не более), за чертой масса провода, кг/км	Токковая нагрузка вне помещений, А, за чертой разрывное усилие провода, кН	Число проволок; $\varnothing$ их, мм	Расчетный $\varnothing$ провода, мм, за чертой — строительная длина провода, м	Эл. сопротивление пост. току при 20°C, Ом/км (не более), за чертой масса провода, кг/км	Токковая нагрузка вне помещений, А, за чертой разрывное <sup>2</sup> усилие провода, кН
4	1; 2,24	2,2/2200	4,52/35	50/1,58	—	—	—	—
6	1; 2,73	2,7/1500	3,03/52	70/2,61	—	—	—	—
10	1; 3,55	3,6/900	1,79/88	95/4,19	—	—	—	—
16	7; 1,70	5,1/4000	1,13/142	130/6,04	7; 1,70	5,1/4500	1,80/43	105/2,57
25	7; 2,13	6,4/3000	0,72/224	180/9,45	7; 2,13	6,4/4000	1,14/68	135/4,02
35	7; 2,51	7,5/2500	0,51/311	220/13,20	7; 2,50	7,5/4000	0,83/94	170/5,38
50	7; 3,00	9,0/2000	0,36/444	270/17,85	7; 3,00	9,0/3500	0,58/135	215/7,75
70	19; 2,13	10,7/1500	0,27/612	340/28,82	7; 3,55	10,7/2500	0,41/189	265/10,85
95	19; 2,51	12,6/1200	0,19/850	415/39,85	7; 4,10	12,3/2000	0,31/252	320/14,05
120	19; 2,80	14,0/1000	0,15/1058	485/44,46	19; 2,80	14,0/1500	0,25/321	375/18,34
150	19; 3,15	15,8/800	0,12/1338	570/53,42	19; 3,15	15,8/1250	0,19/406	440/23,20
185	37; 2,51	17,6/800	0,10/1659	640/69,54	19; 3,50	17,5/1000	0,16/502	500/28,68
240	37; 2,84	19,9/800	0,08/2124	760/88,92	19; 4,00	20,0/1000	0,12/655	590/36,33
300	37; 3,15	22,1/600	0,06/2614	880/103,97	37; 3,15	22,1/1000	0,10/794	680/45,14
400	37; 3,66	25,6/600	0,05/3528	1050/140,40	37; 3,66	25,6/1000	0,07/1072	815/60,98

<sup>1</sup> Токковые нагрузки на неизолированные провода приняты из расчета допустимой  $t$  их нагрева +70°C при  $t$  воздуха +25°C.<sup>2</sup> Для алюминиевой проволоки АТ.

## Марки проводов: АС, АСКС, АСКП и АСК

Номинальное сечение, мм <sup>2</sup> (алюминий — сталь)	Число проволок; ∅ их, мм (алюминий — сталь)	Расчетный ∅ провода, мм, за чертой строительная длина провода, м	Эл. сопротивление пост. току при 20°С, Ом/км, за чертой масса провода, кг/км	Токовая нагрузка вне помещений, А, за чертой разрывное усилие провода, кН
10/1,8	6; 1,50/1; 1,50	4,5/3000	2,69/43*	80/3,77**
16/2,7	6; 1,85/1; 1,85	5,6/3000	1,77/65	105/5,72
25/4,2	6; 2,30/1; 2,30	6,9/3000	1,15/100	130/8,71
35/6,2	6; 2,80/1; 2,80	8,4/3000	0,77/149	175/12,74
50/8,0	6; 3,20/1; 3,20	9,6/3000	0,59/194	210/16,32
70/11	6; 3,80/1; 3,80	11,4/2000	0,42/274	265/22,98
95/16	6; 4,50/1; 4,50	13,5/1500	0,30/384	330/31,85
120/19	26; 2,40/7; 1,85	15,2/2000	0,24/471	380/40,64
150/19	24; 2,80/7; 1,85	16,8/2000	0,19/554	445/45
185/24	24; 3,15/7; 2,10	18,9/2000	0,15/705	510/57,35
240/32	24; 3,60/7; 2,40	21,6/2000	0,12/921	610/74,09
300/39	24; 4/7; 2,65	24,0/2000	0,10/1132	690/89,35
400/51	54; 3,05/7; 3,05	27,5/1500	0,07/1490	835/117,60

\* Без смазки.

\*\* Алюминиевая проволока АТ (1 иН ≈ 100 кгс).

Срок службы проводов не менее: 40 лет—для М, А, АС; 20 лет—для АКП, АСКП; 10 лет—для АСК и АСКС. Фактический срок службы не ограничивается сроком службы по ГОСТ, а определяется техническим состоянием провода. По условиям механической прочности для ВЛ до 1000 В следует применять провода сечением не менее: алюминиевые—16 мм<sup>2</sup>, сталеалюминиевые и биметаллические—10 мм<sup>2</sup>, стальные многопроволочные—25 мм<sup>2</sup>, стальные однопроволочные—4 мм (диаметр).

В последнее время промышленность приступила к выпуску неизолированных проводов из алюминиевого сплава марок АН и АЖ по всей шкале номинальных сечений от 16 до 800 мм<sup>2</sup>.

### Провод полый ПМ и ПА

Марка	∅ внутр./наружн., мм	Масса, кг/км	Токовая нагрузка, А
ПМ-240	23,4/30	2110	950
ПМ-300	28,8/35	2630	1050
ПА-500	37/45	1330	1000
ПА-640	51,5/59	1820	—

Временное сопротивление разрыву проволоки: медной—380 МПа; алюминиевой—145 МПа (1 МПа ≈ 0,1 кгс/мм<sup>2</sup>); строительная длина проводов примерно 600 м.

### Стальные провода

Марка провода	Токовая нагрузка, А	Марка провода	Токовая нагрузка, А
	масса, кг/км		масса, кг/км
ПСО-3	23/56	ПС-25; ПМС-25	60/194
ПСО-3,5	26/75	ПС-35; ПМС-35	75/272
ПСО-4	30/99	ПС-50; ПМС-50	90/396
ПСО-5	35/154	ПС-70; ПМС-70	125/632
		ПС-95; ПМС-95	135/745

Примечание. ПСО — стальные однопроволочные; ПС — то же многопроволочные; ПМС — многопроволочные из медистой стали.

### Трос грозозащитный (по ГОСТ 3063-66)

Ø троса, мм	Сечение, мм <sup>2</sup>	Число и Ø проволок, мм	Прочность на разрыв, кН	Масса, кг/км
7,6	33,8	1 × 1,6 + 18 × 1,5	42,5	291
8,1	38,5	1 × 1,7 + 18 × 1,6	48,4	330
8,6	43,3	1 × 1,8 + 18 × 1,7	54,6	373
9,1	48,6	1 × 1,9 + 18 × 1,8	61,2	418
10	60	1 × 2,1 + 18 × 2	76,6	515
11	72,6	1 × 2,3 + 18 × 2,2	78,3	623
12	86,3	1 × 2,5 + 18 × 2,4	93,1	741
13	102	1 × 2,8 + 18 × 2,6	109,1	873
14	118	1 × 3 + 18 × 2,8	126,5	1015
15	135,3	1 × 3,2 + 18 × 3	145,5	1160
16	154	1 × 3,4 + 18 × 3,2	172,5	1320

Примечание. Предел прочности стальной проволоки Ø > 2 мм не менее 1200 МПа, для проволоки Ø 1,5–2 мм — не менее 1400 МПа.

### Изоляторы линейные подвесные

Тип изолятора	Основные размеры, мм		Длина пути утечки тока, мм	U <sub>исп</sub> , кВ			Масса, кг
	H	D		в сухом состоянии	под дождем	пробивное	
ПФ6-А	167	270	285	60	32	110	6,5
ПФ6-Б	140	270	280	60	32	110	6
ПФ6-В	140	270	324	60	32	110	5,3
ПС6-Б	130	255	295	58	37	90	4,1
ПС-11	170	290	320	65	40	110	6,6
ПС12-А	140	260	320	70	40	90	5,7
ПС16-А	180	320	360	66	42	100	9
ПС16-Б	170	280	390	65	40	100	8
ПФ16-А	173	280	385	68	40	125	9
ПФ20-А	194	350	420	68	44	125	12,8
ПС22-А	200	320	390	80	50	110	10,8
ПС30-Б	185	320	418	65	40	110	11,8
ПФГ-6	198	270	470	100	45	110	8,1
ПФГ-8	214	300	470	105	51	120	13,5
ПСГ16-А	160	320	480	110	60	100	9,3
ПСГ16-Б	185	350	555	92	50	100	12
ПСГ22-А	185	370	570	—	—	110	12

Примечание. В обозначении типа: П — подвесной; Ф — фарфоровый; С — стеклянный; число после букв — класс изолятора (минимальная разрушающая нагрузка, тс); А, Б и В — исполнения изоляторов, Г — для районов с повышенным уровнем загрязнения.

### Штыревые изоляторы высокого напряжения

Тип изолятора	Основные размеры, мм		Напряжение, кВ действ			Разрушающая нагрузка на срез головок, кН	Масса, кг
	H	D	сухое	под дождем	пробивное		
ШФ6-А	94	126	50	28	65	14	0,97
ШС-Б	—	—	50	28	65	14	0,85
ШФ10-А	110	147	60	34	78	14	1,4
ШФ10-Б	120	212	75	40	100	14	2,8
ШС-С-10	109	150	60	34	78	14	1,35
ШССЛ-10	110	155	60	34	78	14	1,35
ШФ20-А	199	185	86	57	110	20	3,4
ШФ20-Б	196	230	100	70	130	20	4,85
ШФ35-А	287	267	120	80	156	30	10,1
ШФ35-Б	285	310	140	100	180	30	11,0
ШФ35-В	275	280	140	95	175	30	9,5
СПШ-35	—	—	130	85	—	—	12,7

Примечание. В обозначении типа: Ш — штыревой; Ф — фарфоровый; С — стеклянный; число — U<sub>исп</sub>, кВ; А, Б и В — исполнения изоляторов.

**Количество изоляторов в поддерживающих гирляндах ВЛ  
с металлическими и железобетонными опорами**

*Продолжение*

Тип изолятора	Количество изоляторов при $U_n$ ВЛ, кВ							
	до 10	20	35	110	150	220	330	500
ПФ-6А	1	3	3	7	9	13	19	—
ПФ-6Б	1	3	3	7	10	14	20	27
ПФ-6В	1	3	3	7	9	13	19	26
ПФ-16А	—	—	—	6	8	11	17	23
ПФ-20А	—	—	—	—	—	10	14	20
ПС-6А	1	3	3	8	10	14	21	29
ПС-11	—	—	3	7	8	12	17	24
ПС-12А	—	—	3	7	9	13	19	26
ПС-16А	—	4	—	6	8	11	16	22
ПС-16Б	—	—	—	6	8	12	17	24
ПС-22А	—	—	—	—	—	10	15	21
ПС-30Б	—	—	—	—	—	11	16	22

Примечания: 1. На ВЛ 20—220 кВ с деревянными опорами количество изоляторов в гирлянде на один меньше, чем указано.  
2. В натяжных гирляндах ВЛ до 110 кВ количество изоляторов в гирлянде на один больше, чем указано.  
3. Указанное количество изоляторов дано для ВЛ, проходящих на высоте до 1000 м над уровнем моря.

**Наименьшие изоляционные расстояния по воздуху  
на опорах ВЛ**

Расчетные условия при выборе изоляционного промежутка	Наименьшие изоляционные расстояния, см, при $U_n$ ВЛ, кВ				
	до 10	20	35	110	
По атмосферным перенапряжениям:	для штыревых изоляторов	15	25	35	—
	для подвесных изоляторов	20/20	40/45	40/50	100/135
По внутренним перенапряжениям	10/22	15/33	30/44	80/100	
По рабочему напряжению	—	7/15	10/20	25/45	

Расчетные условия при выборе изоляционного промежутка	Наименьшие изоляционные расстояния, см, при $U_n$ ВЛ, кВ				
	150	220	330	500	
По атмосферным перенапряжениям:	для штыревых изоляторов	—	—	—	—
	для подвесных изоляторов	130/175	180/250	260/310	320/400
По внутренним перенапряжениям	110/140	160/200	215/280	300/420	
По рабочему напряжению	35/60	55/95	80/140	115/200	

Примечание. До черты — между токоведущими и заземленными частями ВЛ, после черты — между фазами ВЛ.

**Напряжения под дождем для гирлянд  
изоляторов ВЛ**

$U_n$ ВЛ, кВ	20	35	100	150	220	330	500
Под дождем $U$ , кВ	57	78	215	295	430	555	750

**Минимальные мокроразрядные напряжения  
штыревых изоляторов**

$U_n$ ВЛ, кВ	6	10	20	35
$U_{разр}$ изоляторов под дождем, кВ	28	34	57	80
50%-ные импульсные $U$ , кВ	63	90	140	210

**Сопротивление заземляющих устройств  
опор ВЛ**

Удельное сопротивление земли, Ом·м	До 100	Более 100 до 500	Более 500 до 1000	Более 1000 до 5000
Сопротивление заземляющего устройства, Ом	10	15	20	30

**Лесоматериалы круглые хвойных пород для опор ВЛ  
(по ГОСТ 2463-60)**

Размеры		Порода древесины	Сорт
Длина, м	Толщина, см		
6,5 и 8,5	20—32	Сосна и лиственница	3 (до 20 кВ) 2 (35 кВ и выше)
7 и 7,5	22—36		
9	22—30		
11 и 16	20—27		
13 и 18	22—28		
ВЛ сельскохозяйственного назначения			
3,5—5,5	16—26	Все породы	—
6,5—9,5	16—24		
11—13	16—24		

Воздушные линии 110—500 кВ с металлическими и железобетонными опорами, а также ВЛ 220 кВ на деревянных опорах по всей длине должны быть защищены от прямых ударов молнии тросами.

Сооружение ВЛ 110—330 кВ без тросов допускается:

- 1) в районах с числом грозových часов в году менее 20 ч;
- 2) на отдельных участках ВЛ в районах с плохо проводящими грунтами ( $\rho \geq 10^3 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ );
- 3) на участках трассы с гололедом более 20 мм.

Для ВЛ до 35 кВ защиты тросами не требуется.

Воздушные линии 110 кВ с деревянными опорами, как правило, не должны защищаться тросами.

Расстояния по вертикали между тросом и проводом ВЛ в середине пролета без учета отклонения их ветром по условиям защиты от грозových перенапряжений д. б. не менее: 2 м при длине пролета 100 м; 3,2 — при 150 м; 4 м — при 200 м; 5,5 м — при 300 м; 7 м — при 400 м; 8,5 м — при 500 м; 10 м — при 600 м; 11,5 м — при 700 м; 13 м — при 800 м; 14,5 м — при 900 м; 16 м — при 1000 м; 18 м — при 1200 м; 21 м — при 1500 м.

### Повышение напряжения на оборудовании

В сетях 110—750 кВ при оперативных переключениях и в аварийных режимах повышение напряжения промышленной частоты (50 Гц) на оборудовании в зависимости от длительности не должно превышать следующих значений (в кратности к  $U_n$ ):

Оборудование	Допустимая кратность при длительности воздействия, с			
	1200	20	1	0,1
Силовые тр-ры и автотр-ры	$\frac{1,1}{1,1}$ (1,1)	$\frac{1,24}{1,24}$ (1,24)	$\frac{1,9}{1,5}$ (1,67)	$\frac{2}{1,58}$ (1,70)
Шунтирующие реакторы и электромагнитные ТН	$\frac{1,15}{1,15}$ (1,1)	$\frac{1,35}{1,35}$ (1,3)	$\frac{2}{1,6}$ (1,88)	$\frac{2,1}{1,65}$ (1,98)
Аппараты	$\frac{1,15}{1,15}$ (1,1)	$\frac{1,6}{1,6}$ (1,3)	$\frac{2,2}{1,7}$ (1,88)	$\frac{2,4}{1,8}$ (1,98)

Примечания: 1. Повышения напряжения даны: в числителе для изоляции «фаза — земля» в долях наибольшего рабочего  $U_{ф}$  сети, а в знаменателе — для изоляции «фаза — фаза» в долях наибольшего рабочего  $U_{л}$  электрооборудования по ГОСТ 721-74.

2. Для тр-ров и автотр-ров по условиям нагрева магнитопровода кратности повышения  $U$  в долях  $U_n$  установленного ответвления обмотки не должны превышать при 1200 с — 1,15, при 20 с — 1,3.

3. Промежуточные значения определяются линейной интерполяцией.

4. Количество повышений напряжения длительностью 1200 с не должно превышать 50 случаев в течение года, причем промежуток времени между двумя повышениями напряжения д. б. не менее 1 ч.

В сетях 330—750 кВ, где возможно повышение  $U$  до опасных пределов, д. б. предусмотрена РЗ от повышения напряжения.

Для предотвращения повышения  $U$  сверх допустимых значений в местных инструкциях д. б. указан порядок выполнения операций по включению и отключению каждой ВЛ 330—750 кВ.

Капремонт ВЛ или отдельных ее участков должен выполняться 1 раз в 6 лет. Капремонт ВЛ может проводиться с отключением линии или одной фазы (пофазный ремонт), а также без снятия напряжения.

### КАБЕЛИ И КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ

Допустимая температура нагрева жил кабеля и нормированные значения температуры среды (ПУЭ)

Тип проводника	Наибольшая допустимая $t$ нагрева, °С	Среда и способ прокладки	Нормированная $t$ окружающей среды, °С
Шины и провода неизолированные	70	В воздухе открыто	25
Провода с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией	65	В воздухе открыто и в трубах	25
Кабели с резиновой изоляцией:			
1 кВ >	65	В воздухе открыто/в земле, в воде	25/15
1—3 кВ	80	То же	25/15
до 6 кВ	80	» »	25/15
Кабели с бумажной пропитанной (вязкой) изоляцией:			
1 и 3 кВ	80/80*	» »	25/15
6 кВ	65/75*	» »	25/15
10 кВ	60	» »	25/15
20 кВ	55	» »	25/15
35 кВ	50	» »	25/15

\* За чертой для кабелей с обедненной изоляцией.

**Испытательные напряжения переменного тока для силовых кабелей**

Вид кабеля	$U_{исп}$ , кВ, для кабелей на $U_{раб}$ , кВ						Продолжительность испытания, мин
	2	3	6	10	20	35	
	Кабели с бумажной изоляцией	3,5	10	16	25	50	
Кабели с резиновой изоляцией	—	6	12	20	—	—	5
Кабели с пластмассовой изоляцией	—	15	—	—	—	—	10

**Активное сопротивление трехжильных кабелей с поясной изоляцией**

Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	10	16	25	35	
$R$ , Ом/км (медь/алюминий) . . .	1,84/3,1	1,15/1,94	0,74/1,24	0,52/0,89	
Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	50	70	95	120	150
$R$ , Ом/км (медь/алюминий) . . .	0,37/0,62	0,26/0,44	0,19/0,33	0,15/0,26	0,12/0,20

Средние значения индуктивных сопротивлений фазы ВЛ и КЛ для: ВЛ до 1000 В — 0,3 Ом/км; одноцепной ВЛ 6—110 кВ — 0,40 м/км; трехжильного кабеля до 1 кВ — 0,07 Ом/км; трехжильного кабеля до 6—10 кВ — 0,08 Ом/км; трехжильного кабеля 35 кВ — 0,12 Ом/км.

**Емкость кабелей, мкФ/км**

$U_{н}$ , кВ	$S$ , мм <sup>2</sup>										
	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240

**Трехжильные кабели с поясной изоляцией**

До 1	0,35	0,4	0,5	0,53	0,63	0,72	0,77	0,81	0,86	0,86	—
6	0,2	0,23	0,28	0,31	0,36	0,4	0,42	0,46	0,51	0,53	0,58
10	—	—	0,23	0,27	0,29	0,31	0,35	0,37	0,44	0,45	0,46

**Одножильные кабели и фазы трехжильного кабеля с отдельно оцинкованными жилами с бумажной пропитанной изоляцией**

20	—	—	0,17	0,19	0,21	0,24	0,26	0,32	0,35	0,38	0,42
35	—	—	—	—	—	0,18	0,2	0,24	0,26	0,28	0,31

**Зарядный ток в трехфазной кабельной линии, А/км**

Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	$U_{н}$ , кВ				Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	$U_{н}$ , кВ			
	6	10	20	35		6	10	20	35
10	0,20	0,28	—	—	70	0,50	0,60	0,95	1,2
16	0,24	0,33	—	—	95	0,60	0,70	1,00	1,4
25	0,30	0,40	—	—	120	0,65	0,75	1,1	1,5
35	0,35	0,47	—	—	150	0,70	0,85	1,3	1,6
50	0,40	0,54	0,85	—	185	0,80	0,95	1,4	1,7

**Удельное тепловое сопротивление почвы**

Почва	Влажность, %	Сопротивление, град·см/Вт
Песок	До 4	300
	4—6	200
	7—9	120
	> 9	80
Песчано-глинистая	8—12	200
	12—14	120
	> 14	80
Каменистая	—	300

Охранная зона КЛ: для подземных КЛ выше 1000 В — по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей; для подземных КЛ до 1000 В — по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей, а при прохождении КЛ в городах под тротуарами — 0,6 м в сторону зданий и сооружений и на 1 м в сторону проезжей части улицы; для подземных КЛ до 1000 В и выше — по 100 м от крайних кабелей.

**Удельное тепловое сопротивление материалов конструкций кабеля, град·см/Вт:**

Джутовые покровы . . . . .	550—650
Свинец . . . . .	2,9
Алюминий . . . . .	0,48
Пропитанная бумажная изоляция маслонаполненных кабелей среднего давления . . . . .	450—500

Грунт	Трасса	Разность уровней по трассе не превышает допустимой для кабелей, с вязкой пропиткой (табл. на стр. 298)		Вертикальные трассы и трассы с большой разностью уровней	
		Растягивающие усилия на кабель		Растягивающие усилия на кабель	
		отсутствуют	имеются	отсутствуют	имеются
<b>Прокладка в земле (траншеях)</b>					
С низкой коррозионной активностью	Без блуждающих токов	ААШв, ААШп, ААБл, АСБ, АОАБл, ОСБ, АОСБ	ААПл, АСПл, СП АОСК, ОСК	ААШв-В, ААШп-В, ААБл-В, АСБ-В, ЦААБл, ЦАСБ, ЦАОАБ2л, ЦАОСБ	ААПл-В, АСПл-В, АСП-В, ЦАСП
	С наличием блуждающих токов	ААШв, ААШп, ААБ2л, АСБ, АОАБ2л, АОСБ	ААП2л, АСПл, АОСК, ОСК	ААШв-В, ААШп-В, ААБ2л-В, ЦАСБ, ЦАОСБ	ААПл-В, АСПл-В
	Без блуждающих токов	ААШв, ААШп, ААБ2л, АСБл, АОАБ2л, АОСБл, ОСБл	ААПл, АСПл, СПл, АОСК, ОСК	ААШв-В, ААБ2л-В, АСБл-В, ЦАСБл	ААПл-В, АСПл-В, ЦАСПл, ЦСПл
Со средней коррозионной активностью	С наличием блуждающих токов	ААШв, ААШп, ААБ2л, ААБВ, АСБл, АСБ2л, АОСБл, ОСБл	ААП2л, АСПл, АСП2л, АОСК, ОСК	ААШв-В, ААБ2л-В, ААШп-В, АСБл-В, ЦАОСБл, ЦОСБл	ЦААП2л, ЦАСПл, АСП2л-В
	Без блуждающих токов	ААБ2лШв, ААБв, ААБ2лШп, АСБ2л, АОСБл, ОСБл, ААБв, АСБ2л, АСБ2лШв, АОСБл	ААП2лШв, АСП2л, АОСК, ОСК	АСБ2л, ЦААБв, ЦАОСБл, ЦОСБл	ААП2лШв-2, АСП2л-В, СПл-В
	С наличием блуждающих токов	ААБв, АСБ2л, АСБ2лШв, АОСБл	ААП2лШв, АСП2л, АОСК, ОСК	АСБ2л-В, СБ2л-В, ЦАСБл, ЦАСБШв, ЦАОСБл, ЦОСБл	ААП2лШв-В, АСП2л-В

Продолжение

Грунт	Трасса	Разность уровней по трассе не превышает допустимой для кабелей, с вязкой пропиткой (табл. на стр. 298)		Вертикальные трассы и трассы с большой разностью уровней	
		Растягивающие усилия на кабель		Растягивающие усилия на кабель	
		отсутствуют	имеются	отсутствуют	имеются
<b>Прокладка в воздухе</b>					
Прокладка в помещениях (туннелях), каналах, кабельных полустажах, коллекторах, производственных помещениях и др.:	сухих	При отсутствии опасности механических повреждений в эксплуатации	При наличии опасности механических повреждений в эксплуатации	При отсутствии опасности механических повреждений в эксплуатации	При наличии опасности механических повреждений в эксплуатации
	сырых, частично затопляемых, при наличии среды со слабой коррозионной активностью	ААГ, ААШв, АСГ, СГ, АОСБГ, ААШв, АОСБл	ААБлГ, АСБГ, СБГ, АОСБГ, ААБлГ, АОСБл	ААГ-В, ААШв-В, ЦААШв, ЦАОСБГ, ЦААШв, ЦАОСБл	ААПлГ-В, ЦАСБГ, ЦАСБлГ, ЦААПлГ
	сырых, частично затопляемых, при наличии среды со средней и высокой коррозионной активностью	ААШв, АСШв, АОСБл	ААБвГ, ААБ2лШв, ААБлГ, АСБ2лГ, АОСБл, АСБ2лШв	ААШв-В, ЦААШв, ЦААБлГ, ЦАСБлГ, ЦАОСБл	ЦААПлГ, ЦААПлШв, АСП2лГ-В, ААПлГ-В, ААПлГ-В, ЦААПлГ, ЦААПлГв
в пожароопасных	ААГ, ААШв, АОСБн	ААБвГ, ААБлГ, АСБнГ, АОСБн	ААГ-В, ААШв-В, ЦААШв, ЦАОСБн	ЦААПлГ, ЦААПлГв	
во взрывоопасных: В-I, В-Ia, В-1б, В-Ir, В-II, В-IIa	СГ, СШв, ОСБн, ААГ, ААШв, АСШв, АОСБн	СБШв, ОСБн, ААБлГ, ААБ2лШв, АСБг, АОСБн	ЦСШв, ОСБн, ААГ-В, ААШв-В, ЦАСШв, ЦАОСБн	ЦСПШв, ААПлГ-В, ЦАСГ, ЦААПлШв	

Грунт	Трасса	Разность уровней по трассе не превышает допустимой для кабелей, с вязкой пропиткой (табл. на стр. 298)		Вертикальные трассы и трассы с большой разностью уровней	
		Растягивающие усилия на кабель		Растягивающие усилия на кабель	
		отсутствуют	имеются	отсутствуют	имеются
Прокладка на эстакадах: технологических специальных кабельных по мостам Прокладка в блоках и трубах, проложенных в земле		—	ААБлГ, ААБвГ, АСБ2лГ, ААБ2лШв, АОСБГ	—	ААПлГ-В, ААП2лШв, ЦАСПГ
		ААШв, ААБлГ, ААБвГ, АСБ2лГ	—	ААШв-В, ААПлГ-В, ЦААБвГ, ЦАОСБл	—
		ААШв	ААБлГ СГ, АСГ	ААШв-В	ААПлГ
Прокладка в воде		—	—	В эксплуатации подвергаются значительным растягивающим усилиям.	
				Разность уровней не превышает допустимой (табл. на стр. 298)	Для вертикальных и крутонаклонных трасс
				АСКл, СКл, АОСК	ЦАСКл, ЦСКл

Примечание. Минимальный радиус изгиба при прокладке равен 15-кратному наружному диаметру для многожильных кабелей в свинцовой оболочке и 25-кратному наружному диаметру для остальных кабелей без предварительного нагрева при  $t$  не ниже  $0^{\circ}\text{C}$ . Строительные длины кабелей всех сечений на 6—10 кВ, предназначенных для прокладки в туннелях и каналах, — не менее 400 м, а длины кабелей 20 и 35 кВ согласовываются при заказе.

Диапазон сечений основных марок трехжильных кабелей с вязкой пропиткой, с обедненно-пропитанной изоляцией (в круглых скобках) и с нестекающей массой (в квадратных скобках)

Обозначение марок	Сечение жил, мм <sup>2</sup> , при $U_n$ , кВ				
	1	6	10	20	35
ААГ, ААШв, ААБл, ААБ2л, ААБ2лШв, АСГ, СГ	6—240	10—240	16—240	—	—
АСБ, СБ, СБл, АСБн, СБн, АСБлн, СБлн	(6—120)	(16—120)	[25—185]	—	—
АСБГ, СБГ		[25—185]			
ААП2л, ААПлГ, АСП, СП, АСПл, СПл, АСПлн	25—240	16—240	16—240	—	—
АСПи, СПлн, АСлК, СКл, СПШв	(25—150)	(16—120)	[25—185]		
АОАБ, ОАБ, АОАБ2л, АОАБ2лГ, ОСБ, АОСБ	—	—	—	25—185	120—150 [120—150]
ОСБл, ОСБн, АОСБн, ОСБГ, АОАШвБ, ОАШвБ, АОСК, ОСК	—	—	—	25—185	120

Примечание. Обозначение марок кабелей с вязкой пропиткой, обозначение марок кабелей с нестекающей массой и с обедненно-пропитанной изоляцией то же, только у первых в начале обозначения добавляется буква Ц, у вторых в конце обозначения через тире буква В.

$R_{из}$  силовых кабелей (мегаомметр 2500 В), пересчитанное на 1 км длины и  $t = 20^{\circ}\text{C}$  при 1 и 3 кВ не менее 100 МОм, а при 6 кВ и выше — 200 МОм.

### Марки кабелей

с пропитанной бумажной изоляцией с вязкой пропиткой,  
с обедненно-пропитанной изоляцией  
и кабелей с неистекающей массой (расшифровка марок)

**А**—алюминиевая жила; **АА**—алюминиевая жила и алюминиевая оболочка; **Б**—броня из стальных лент, поверх которых наложен антикоррозионный наружный покров; **Бн**—броня из стальных лент, поверх которых наложен негорючий покров из стеклопращи и негорючего состава; **В** (в конце обозначения через тире) — обедненно-пропитанная бумажная изоляция; **Г** — отсутствие наружного покрова поверх брони или металлической оболочки; **л (2л)** — в подушке под броней имеется слой (2 слоя) из пластмассовых лент; **в (п)** — в подушке под броней имеется выпрессованный шланг из поливинилхлорида (полиэтилена); **К** — броня из круглых оцинкованных стальных проволок, поверх которых наложен антикоррозионный покров; **О** — отдельные металлические оболочки поверх каждой фазы; **П** — броня из оцинкованных плоских проволок, поверх которых наложен антикоррозионный покров; **С** — свинцовая оболочка; **Ц** — бумажная изоляция, пропитанная неистекающим составом, содержащим церезин; **Шв (Шп)** — выпрессованный наружный шланг из поливинилхлорида (полиэтилена).

Медная жила в обозначении марки кабеля не указывается.

### Максимально допустимые разности уровней прокладки кабелей без применения стопорных муфт (по ГОСТ 18410-73)

$U_{н}$ , кВ	Пропитка изоляции	Кабели	Разность уровней, м
1 и 3	Вязкая	Небронированные:	
		в алюминиевой оболочке	25
		в свинцовой оболочке	20
	Обедненная	Бронированные	25
		<b>В</b> в алюминиевой оболочке	Без ограничения
6	Вязкая	<b>В</b> в свинцовой оболочке	100
		<b>В</b> в алюминиевой оболочке	20
		<b>В</b> в свинцовой оболочке	15
	Обедненная	<b>В</b> в алюминиевой или свинцовой оболочке	100
		10	Вязкая
20 и 35	Вязкая	<b>В</b> в алюминиевой или свинцовой оболочке:	
		с I/I 1975 г.	5
		с I/I 1978 г.	15
		Для стояков у концевых муфт с учетом периодической замены кабеля	10

**Примечание.** Кабели после прокладки должны выдерживать испытание напряжением пост. тока: 1—10 кВ — до  $6 U_{н}$ , а 20—35 кВ — до  $5 U_{н}$ . Продолжительность испытания для каждого подключения — 10 мин.

Кабели силовые с резиновой изоляцией (по ГОСТ 433-73)

Марка	Конструкция	Преимущественное назначение
СРГ и АСРГ	В свинцовой оболочке	В помещениях, каналах, туннелях, в местах, не подверженных вибрации, при отсутствии механических воздействий на кабель, в среде, нейтральной по отношению к свинцу
СРБ, АСРБ, ВРБ, АВРБ, НРБ, АНРБ	В свинцовой или поливинилхлоридной оболочке или в резиновой маслостойкой оболочке, не распространяющей горения, бронированной двумя стальными лентами	В земле (траншеях) <sup>1</sup>
СРБГ, АСРБГ, ВРБГ, АВРБГ, НРБГ и АНРБГ	В свинцовой или поливинилхлоридной оболочке или резиновой маслостойкой оболочке, не распространяющей горения, бронированной двумя стальными лентами, с противокоррозионной защитой	В помещениях, каналах, туннелях <sup>1</sup>
ВРГ и АВРГ	В поливинилхлоридной оболочке	В помещениях, каналах, туннелях при отсутствии механических воздействий на кабель и наличии агрессивных сред (кислот, щелочей и др.)
НРГ и АНРГ	В резиновой маслостойкой оболочке, не распространяющей горения	В помещениях, каналах, туннелях при отсутствии механических воздействий на кабель
ВРБн, АВРБн	В поливинилхлоридной оболочке, бронированной двумя стальными лентами, поверх которых наложен негорючий покров	В земле (траншеях) <sup>1</sup> и в случаях, когда требуется стойкость к распространению горения

<sup>1</sup> Если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям.

Марка кабеля	Число основных жил	Сечение жил, мм <sup>2</sup> , при U <sub>н</sub> , В		
		660 (1000 В постоянное)	3000	6000
СРГ	1	1—240	1,5—500	2,5—500
АСРГ	1	4—300	4—500	4—500
СРГ	2 и 3	1—185	—	—
АСРГ	2	4—240	—	—
АСРГ	3	2,5—240	—	—
ВРГ, НРГ	1—3	1—240	—	—
АВРГ, АНРГ	1	4—300	—	—
АВРГ, АНРГ	2 и 3	2,5—300	—	—
СРБГ, АСРБГ	1	—	240; 400; 500	—
СРБГ, АСРБ	1	—	—	95; 240; 400; 500
СРБ, СРБГ, ВРБ <sub>н</sub> , ВРБ, ВРБГ, НРБ, НРБГ	2 и 3	2,5—185	—	—
АСРБ, АСРБГ, АВРБ, АВРБ <sub>н</sub> , АВРБГ, АНРБ, АНРБГ	2	4—240	—	—
	3	2,5—240	—	—

Примечания: 1. Двух- и трехжильные кабели м. б. изготовлены с дополнительной заземляющей или нулевой жилой.  
2. Строительная длина кабелей — 125 м; кабели могут поставляться в бухтах, масса бухты не превышает 50 кг. Минимальный радиус изгиба при монтаже бронированных кабелей равен 15-кратному наружному диаметру кабеля, для небронированных кабелей — 10-кратному диаметру.

## Кабели силовые с пластмассовой изоляцией (по ГОСТ 16442-70)

Марка кабеля	Изоляция, оболочка и защитный покров кабеля	Преимущественная область применения
АВВГ, ВВГ	Изоляция и оболочка из поливинилхлоридного пластиката	Пожароопасные помещения, каналы и туннели, в том числе в условиях агрессивной среды <sup>1</sup>
АПВГ, ПВГ	Изоляция из полиэтилена, оболочка из поливинилхлоридного пластиката	Помещения, каналы и туннели, в том числе в условиях агрессивной среды <sup>1</sup>
АВВБ, ВВБ	Изоляция и оболочка из поливинилхлоридного пластиката, броня из двух стальных лент и наружный покров	В земле (траншеях) <sup>2</sup>
АПВБ, ПВБ	Изоляция из полиэтилена, оболочка из поливинилхлоридного пластиката, броня из двух стальных лент и наружный покров	То же
АВАБу, ВАБу	Изоляция из поливинилхлоридного пластиката, алюминиевая оболочка, броня из двух стальных лент и наружный покров	В земле (траншеях) при повышенной опасности повреждения от механических воздействий <sup>2</sup>
АсВВ и АсВтВ	Изоляция из поливинилхлоридного пластиката, оболочка из шлангового поливинилхлоридного пластиката	Помещения, каналы, при отсутствии механических воздействий
АВВББГ, ВВББГ	Изоляция и оболочка из поливинилхлоридного пластиката, броня из профилированной стальной оцинкованной ленты	Пожароопасные помещения, каналы и туннели <sup>2</sup>

<sup>1</sup> При отсутствии механических воздействий на кабель. В системах свыше 1 кВ перем. или пост. тока кабели д. б. проложены в трубах или в местах, исключающих возможность прикосновения обслуживающего персонала к работающим кабелям.

<sup>2</sup> Если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям.

В целях повышения пожарной безопасности на крупных эл. станциях и подстанциях, а также в пожароопасных и взрывоопасных цехах, в туннелях, каналах с большим скоплением кабелей должны применяться силовые и контрольные кабели только с негорючим покрытием; примененные кабели с полиэтиленовой изоляцией в этих условиях не допускается.

Минимальный радиус изгиба кабеля (кратность относительно диаметра кабеля) при прокладке равен: 6 — для кабелей в пластмассовой оболочке, не имеющей брони, и кабелей без стальной гофрированной или алюминиевой оболочки; 10 — для кабелей бронированных, не имеющих алюминиевой оболочки, и кабелей в стальной гофрированной оболочке; 15 — для кабелей в алюминиевой оболочке.

Строительная длина, м . . . . .	100	300	200
Сечение основных жил, мм <sup>2</sup> . . . . .	до 16	25—70	95—240

Кабели марок АВВГ, ВВГ, АПВГ и ПВГ могут поставляться в бухтах массой не более 50 кг.

$U_n$  число жил и их номинальные сечения

Марка кабеля	Число жил	Номинальное сечение основных жил, мм <sup>2</sup> , при $U_n$ кабеля, кВ		
		0,66	1	3
ВВГ, ПВГ, ВВБ, ПВБ, ВВББГ	1, 2, 3*	1,5—50	1,5—240	4—240
	4	2,5—50	2,5—185	—
АВВГ, АПВГ, АВВБ, АПВБ, АВВББГ	1, 2, 3	2,5—50	2,5—240	4—240
	4	2,5—50	2,5—185	—
АВАБу, ВАБу	3, 4	—	4—185	4—185**
АсВВ, АсВтВ	1	1000—2000	1000—2000	—

\* Сечение жил двух- и трехжильных бронированных кабелей 2,5 мм<sup>2</sup> и более.

\*\* Только трехжильные.

Одножильные бронированные кабели предназначены для работы в системах пост. тока, сечение их жил 4 мм<sup>2</sup> и более.

Двух- и трехжильные кабели должны иметь основные жилы одинакового сечения. Эти кабели могут иметь жилу заземления.

Четырехжильные кабели должны иметь все жилы одинакового сечения или одну (нулевую) жилу меньшего сечения.

Пятижильные кабели должны иметь четыре жилы одинакового сечения и 5-ю жилу меньшего сечения.

# Муфты и заделки для силовых кабелей с бумажной и пластмассовой изоляцией 1—35 кВ

Тип муфты	Указания по применению		
	1 кВ	6—10 кВ	20—35 кВ
<b>Для кабелей с бумажной изоляцией</b>			
Соединительная эпоксидная (СЭ и СЭО)	Следует применять	Следует применять	Допускается в опытно-промышленной эксплуатации
Соединительная чугунная (СЧ)	Допускается	—	—
Соединительная свинцовая (СС)	—	Следует применять	—
Соединительная латунная (СЛО)	—	—	Следует применять
Стопорная эпоксидная (СЭ)	—	Следует применять	—
Латунная со стопорным устройством (СТ и СТП)	—	Рекомендуется	—
Латунная с эпоксидным барьером (СТЭО)	—	—	Рекомендуется
Латунная со стопорным устройством (СТО)	—	—	»
Концевая мачтовая наружная (КМ)	Следует применять	Следует применять	—
Концевая наружная эпоксидная (КНЭ и КНЭО)	То же	То же	Допускается в опытно-промышленной эксплуатации
То же однофазная (КНО)	—	» »	Следует применять
То же с вертикальными выводами (КН)	—	» »	—
<b>Для кабелей с пластмассовой изоляцией</b>			
Концевая (заделка) внутренней установки с поливинилхлоридными лентами типа ПКВ	Следует применять в сухих помещениях		—
То же с эпоксидным корпусом типа ПКВэ	Следует применять в сырых помещениях		—
Соединительная (муфта) эпоксидная (ПСЭс или СЭ)	Следует применять		—
Соединительная муфта чугунная (СЧм)	Допускается		—
Концевые (муфты) наружные эпоксидные (КНЭ и ПКНЭ)	Рекомендуются		—

Примечания: 1. Соединительная эпоксидная муфта СЭ является одновременно и стопорной; муфты СЭ и КНЭ одинаковы для кабелей как с бумажной, так и с пластмассовой изоляцией. 2. Кабельные муфты изготавливаются специализированными заводами: на 20—35 кВ поставляются комплектно с кабелем, а на 6—10 кВ — по заказам. 3. Эпоксидные соединительные и концевые муфты до 35 кВ должны применяться только заводского изготовления; для концевых заделок до 10 кВ допускается расфасовка материалов на месте монтажа.

**Контрольные кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией (по ГОСТ 1508-73)**

Марка	Конструкция	Преимущественная область применения
АКРВГ, КРВГ	Изоляция из резины, оболочка из поливинилхлоридного пластика	Пожароопасные помещения, в каналах, туннелях, в условиях агрессивной среды при отсутствии механических воздействий на кабель
АКРВБ, КРВБ	Изоляция из резины, оболочка из поливинилхлоридного пластика, броня из двух стальных лент, с наружным покровом <sup>1</sup>	В земле (траншеях), в условиях агрессивной среды и в местах, подверженных воздействию блуждающих токов <sup>1</sup>
АКРВБГ, КРВБГ	Изоляция из резины, оболочка из поливинилхлоридного пластика, броня из двух стальных лент с противокоррозионным покрытием	Непожароопасные помещения, в каналах, туннелях <sup>1</sup>
АКРВБГц, КРВБГц	Изоляция из резины, оболочка из поливинилхлоридного пластика, броня из двух стальных оцинкованных лент	Пожароопасные помещения, в каналах, туннелях <sup>1</sup>
АКРВББГ, КРВББГ	Изоляция из резины, оболочка из поливинилхлоридного пластика, броня из одной профилированной стальной оцинкованной ленты	То же
АКВВГ, КВВГ	Изоляция и оболочка из поливинилхлоридного пластика	Пожароопасные помещения, в каналах, туннелях в условиях агрессивной среды, при отсутствии механических воздействий на кабель
АКВВБ, КВВБ	Изоляция и оболочка из поливинилхлоридного пластика, броня из двух стальных лент, с наружным покровом	В земле (траншеях), в условиях агрессивной среды и в местах, подверженных воздействию блуждающих токов <sup>1</sup>
АКВВБГ, КВВБГ	Изоляция и оболочка из поливинилхлоридного пластика, броня из двух стальных лент с противокоррозионным покрытием	Непожароопасные помещения, в каналах, туннелях <sup>1</sup>

*Продолжение*

Марка	Конструкция	Преимущественная область применения
АКВВБГц, КВВБГц	Изоляция и оболочка из поливинилхлоридного пластика, броня из двух стальных оцинкованных лент	Пожароопасные помещения, в каналах, туннелях <sup>1</sup>
АКВВББГ, КВВББГ	Изоляция и оболочка из поливинилхлоридного пластика, броня из одной профилированной стальной оцинкованной ленты	То же
АКВВБШв, КВВБШв	Изоляция из поливинилхлоридного пластика, броня из двух стальных лент, шланг из поливинилхлоридного пластика	Пожароопасные помещения, в каналах, туннелях, в земле (траншеях), в том числе в условиях агрессивной среды и в местах, подверженных воздействию блуждающих токов <sup>1</sup>
АКПВГ, КПВГ	Изоляция из полиэтилена, оболочка из поливинилхлоридного пластика	Внутри помещения, в каналах, туннелях, в условиях агрессивной среды, при отсутствии механических воздействий на кабель
АКПВБ, КПВБ	Изоляция из полиэтилена, оболочка из поливинилхлоридного пластика, броня из двух стальных лент, с наружным покровом	В земле (траншеях), в условиях агрессивной среды и в местах, подверженных воздействию блуждающих токов <sup>1</sup>
АКПВБГ, КПВБГ	Изоляция из полиэтилена, оболочка из поливинилхлоридного пластика, броня из двух стальных лент с противокоррозионным покрытием	Внутри помещений, в каналах, туннелях <sup>1</sup>
АКПВБШв, КПВБШв	Изоляция из полиэтилена, броня из двух стальных лент, шланг из поливинилхлоридного пластика	В помещениях, в каналах, туннелях, в земле (траншеях), в том числе в условиях агрессивной среды и в местах, подверженных воздействию блуждающих токов <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям.

### Число жил в кабеле и их номинальное сечение

Марка кабеля	Число жил в кабеле при номинальном сечении жилы, мм <sup>2</sup>				
	0,75; 1; 1,5	2,5	4	6	10
КРВГ, КРВБ, КРВБГ, КРВБ6Г, КРВБГц	4; 5; 7; 10; 14; 19; 27; 37; 52	4; 5; 7; 10; 14; 19; 27	4; 7; 10	—	—
КВВГ, КВВБ, КВВБГ, КВВБ6Г, КВВБШв, КПВГ, КПВБ, КПВБГ	4; 5; 7; 10; 14; 19; 27	4; 5; 7; 10; 14; 19; 27; 37	4; 7; 10	—	—
КПББШв, КВВБГц	37; 52; 61	—	—	—	—
АКРВГ, АКРВБ, АКРВБГ, АКРВБ6Г, АКВВГ, АКВВБ, АКВВБГ, АКВВБ6Г, АКВБШв, АКПВГ, АКПВБ, АКПВБГ, АКПВБШв, АКРВБГц, АКВВБГц	—	4; 5; 7; 10; 14; 19; 27; 37	—	4; 7	10

Примечание.  $U_n$  кабелей до 660 В на перем. токе и до 1000 В на пост. токе. Строительная длина кабеля не менее 100 м; допускается поставка кабеля в бухтах — не более 50 кг.

### Установочные провода с резиновой (по ГОСТ 20520-75) и пластмассовой изоляцией (по ГОСТ 6323-71)

Марка	Характеристика	Преимущественная область применения	$U_n$ , В	Число жил	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>
ПР, АПР	С резиновой изоляцией в пропитанной оплетке	Неподвижная прокладка на роликах и изоляторах в сухих и сырых помещениях, а также в негорюемых трубах	660	1	0,75—120 (ПР) 2,5—120 (АПР)
ПРН, АПРН	С резиновой изоляцией в негорючей хлоропреновой оболочке	Неподвижная прокладка в сухих и сырых помещениях, в трубах, пустотных каналах негорюемых строительных конструкций и снаружи	660	1	1,5—70 (ПРН) 2,5—120 (АПРН)
АППР	С резиновой изоляцией, не распространяющей горение, с разделительным основанием	Неподвижная прокладка по деревянным строительным конструкциям жилых и производственных сельскохозяйственных помещений	660	2; 4 3	2,5—10 2,5
ПВ, АПВ	С поливинилхлоридной изоляцией	Монтаж вторичных цепей, прокладка в трубах, каналах негорюемых строительных конструкций, монтаж силовых и осветительных цепей в машинах и станках	380, 660	1	2,5—120
ППВ, АППВ	С поливинилхлоридной изоляцией плоский, с разделительным основанием	Неподвижная открытая прокладка	500	2; 3	2,5—6
ПРВ, АПРВ	С резиновой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке	Прокладка в сухих и сырых помещениях	660	1; 2	1—10 (ПРВ) 2,5—16 (АПРВ)
ПРТО, АПРТО	С резиновой изоляцией в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	Прокладка в негорюемых трубах	660	2; 3; 4; 7 10; 14	1—120 1,5—10 1,5—2,5

Марка	Характеристика	Преимущественная область применения	$U_{н}, В$	Число жил	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>
АПН	С резиновой изоляцией, не распространяющей горения, без оплетки	Скрытая прокладка под штукатуркой	500	1 2; 3	2,5—6 2,5—4
АРТ	С резиновой изоляцией, с несущим тросом	В помещениях и снаружи	660	2 3 4	2,5—4 4 и 6 4—35
АВТ-1	С поливинилхлоридной изоляцией, с несущим тросом	Наружная прокладка	380, 660	2; 3 4	2,5—4 2,5—16
ПРВ, АПРВ	С резиновой изоляцией в оболочке из поливинилхлоридного пластика	Неподвижная прокладка в сухих и сырых помещениях	660	1; 2	2,5—6
ПРП	С резиновой изоляцией в оплетке из стальных проволок	Неподвижная прокладка, когда требуется экранирование или механическая защита	660	1; 2; 3 4; 6; 7; 8; 10 4; 5; 6; 7; 8; 10; 14; 19; 24; 30	1—95 4—10 1—25
ПРПП	То же, что и ПРП, но в резиновой оболочке	То же	660	1; 2; 3 4; 6; 7; 8; 10 4; 5; 6; 7; 8; 10; 14; 19; 24; 30	1—95 4—10 1—25
ПРГ	С резиновой изоляцией в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	Неподвижная прокладка при повышенной гибкости, при монтаже и для соединения подвижных частей эл. машин в сухих и сырых помещениях	660	1	1—240

## СОРТАМЕНТ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ТРУБ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ

Условный проход, мм	Стальные водогазопроводные трубы			Электросварные трубы				Полиэтиленовые трубы						Винилпластовые трубы		Полипропиленовые трубы								
	Наружный $\Phi$ , мм	Масса, кг/м		для резьбового соединения		для безрезьбового соединения		Наружный $\Phi$ , мм	Масса, кг/м						Наружный $\Phi$ , мм	Масса, кг/м		Наружный $\Phi$ , мм	Масса, кг/м					
		легкие	обакнованные	Наружный $\Phi$ , мм	Масса, кг/м	Наружный $\Phi$ , мм	Масса, кг/м		низкой плотности			высокой плотности				средние	тяжелые		средние	тяжелые	средние	тяжелые	особо тяжелые	
									легкие и среднелегкие*	средние	тяжелые	среднелегкие	средние	тяжелые										
15	21,3	1,2	1,3	20	0,7	18	0,6	20	—	0,1	0,2	—	—	0,1	—	—	—	20	—	—	0,1	—	—	—
20	26,8	1,5	1,7	26	1,1	25	1	25	(0,1)	0,2	0,3	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	33,5	2,1	2,4	32	1,5	30 и 33	1,4	32	(0,2)	0,3	0,5	—	0,2	0,3	32	0,3	0,4	32	—	0,2	0,3	—	—	—
32	42,3	2,7	3,1	—	—	—	—	40	0,3 (0,4)	0,5	0,7	—	0,3	0,4	40	0,4	0,5	—	—	—	—	—	—	—
40	48	3,3	3,8	47	2,2	45 и 48	2,2	50	0,4 (0,5)	0,8	1,1	0,3	0,4	0,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	60	4,2	4,9	59	2,8	57 и 60	2,8	63	0,6 (0,9)	1,2	1,7	0,5	0,7	1,1	63	0,9	1,3	6,3	0,5	0,9	1,3	—	—	—
70	75,5	5,7	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80	88,5	7,3	8,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	114	10,9	12,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

\* В скобках указана масса труб среднелегкого типа.

Шинопроводы до 1000 В

Тип	$I_{н^*}$ , А	Динамич. стойкость, кА	Сечение, мм <sup>2</sup>		Масса 1 м, кг
			рабочей шины	нулевой шины	

Магистральные перем. тока

ШМА-73	1600	70	2 (90×8)	2×710	24
ШМА59-Н	2500	70	2 (120×10)	2 уголка 55×55×6	38
	4000	70	2 (160×12)	2 уголка 55×55×6	53

Магистральные пост. тока

ШМАД-70 (ШМАДК-70)	1600	30	2 (80×8)	—	19
	2500	40	3 (80×8)	—	22
	4000	50	3 (120×10)	—	36
	6300	70	3 (160×12)	—	40

Распределительные четырехпроводные

ШРА-73	250	15	35×5	35×5	13,7
	400	25	50×5	50×5	17,6
	630	35	80×5	80×5	21,6

Осветительный четырехпроводный

ШОС-67	25	3	6	6	2,6
ШОС-73А	63	5	—	—	6,5
ШОС-73	100	5	—	—	7,2

Троллейный четырехпроводный

ШТМ-76	100	5	40	40	7,0
ШТМ-70	200	10	70	70	10,0
ШТМ-72	400	25	—	—	19,0

Примечание. Ш — шинопровод, М — магистральный (или с медными шинами), А — с алюминиевыми шинами, Н — с нулевой шиной, Т — троллейный, К — с крышками; числа — годы разработок. В производственных помещениях шинопроводы устанавливаются на высоте от уровня пола или площадки обслуживания не менее 3,5 м — для исполнения IP00 и 2,5 м для исполнений IP21 и IP31. Высота установки для шинопроводов исполнений IP51, IP54 и IP65 не нормируется.

Пакет из двух швеллеров на фазу или число, марка и сечение проводов на фазу	Сечение пакета на фазу или проводов в фазе, мм <sup>2</sup>	Допустимый $I_{ц^*}$ , А	Передаваемая мощность $P_{н^*}$ , МВ·А, при напряжении, кВ		Масса одной фазы, т/км
			6,3	10,5	

Симметричный шинопровод из типовых секций

2 (100×45×6)	2020	3500	38	64	5,4
2 (125×55×6,5)	2740	4640	50	84	7,4
2 (150×65×7)	3570	5650	62	102	9,8
2 (175×80×8)	4880	6430	70	116	13,2

Токопровод в унифицированном исполнении

4×А=600	2416	4080	45	74	6,64
6×А=600	3624	6120	67	112	9,95
8×А=600	4832	8160	89	149	13,30
10×А=600	6040	10200	111	186	16,60

Шинопроводы из типовых секций применимы для передачи 60—100 МВ·А на 1—2 км (при  $U_{н^*}$  6—10 кВ), а токопроводы в унифицированном исполнении 100—180 МВ·А на 1,5—2,5 км (при  $U_{н^*}$  6 и 10 кВ).

Испытательные напряжения изоляции токопроводов

$U_{н^*}$ , кВ	6	10	15	20
$U_{исп}$ , кВ, фарфоровая изоляция/смешанная изоляция	32/28,8	42/37,8	55/49,5	65/58,5

Длительность испытания — 1 (фарфор) и 5 мин (органика).

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПЛОТНОСТЬ ТОКА

Проводник	Экономическая плотность тока, А/мм <sup>2</sup> , при продолжит. использовании максимума нагрузки, ч/г		
	> 1000 до 3000	> 3000 до 5000	> 5000 до 8760
Неизолированные провода и шины:			
медные	2,5	2,1	1,8
алюминиевые <sup>1</sup>	1,3 (1,5)	1,1 (1,4)	1,0 (1,3)
Кабели с бумажной изоляцией и провода с резиновой, поливинилхлоридной изоляцией с жилами:			
медными	3,0	2,5	2,0
алюминиевыми <sup>1</sup>	1,6 (1,8)	1,4 (1,6)	1,2 (1,5)
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами:			
медными	3,5	3,1	2,7
алюминиевыми <sup>1</sup>	1,9 (2,2)	1,7 (2,0)	1,6 (1,9)

<sup>1</sup> Для алюминиевых проводов и кабелей с алюминиевыми жилами числа без скобок — для европейской части СССР, Закавказья, Забайкалья и Дальнего Востока, а числа в скобках — для Центральной Сибири, Казахстана и Средней Азии.

Методика выбора экономического сечения проводов, принятая для ВЛ до 220 кВ, распространяется и на ВЛ 330 и 500 кВ.

Сечение проводов ВЛ 35 кВ в сельской местности, как правило, выбирается по экономической плотности тока.

*Проверке по экономической плотности тока не подлежат:*

1) сети промпредприятий и сооружений до 1000 В при числе часов использования максимума нагрузки предприятия до 4000—5000;

2) ответвления к отдельным эл. приемникам до 1000 В, а также осветительные сети промпредприятий, жилых и общественных зданий, проверенные по потере напряжения.

### ВЫБОР ПРОВОДНИКОВ ПО УСЛОВИЯМ КОРОНЫ

При напряжении 35 кВ и выше наибольшая напряженность поля у поверхности любого из проводников должна быть не более  $0,9 E_0$ , вычисленной по формуле, кВ:

$$E_0 = 30,3m \left( 1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_0}} \right),$$

где  $E_0$  — начальная коронная напряженность проводника;  $m$  — коэффициент негладкости, для скрученного провода, равный 0,82;  $r_0$  — радиус проводника, см.

# ДОПУСТИМЫЕ ДЛИТЕЛЬНЫЕ ТОКОВЫЕ НАГРУЗКИ НА ПРОВОДА, ШНУРЫ, КАБЕЛИ И ШИНЫ

Токовые нагрузки<sup>1</sup> (А) проводов, шнуров и кабелей с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией с медными или алюминиевыми жилами<sup>2</sup>

Сечен- ные то- копро- водя- щей жилы, мм <sup>2</sup>	Провода, пролож- енные открыто	Провода и шнуры с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с медными и алюминиевыми жилами, проложенные в одной трубе					Провода с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках и кабели с медными и алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной, нейтральной или резиновой оболочках, бронированные и небронированные <sup>3</sup>					
		Число проводов в трубе					одножил- ные	двухжил- ные	трехжил- ные			
		одножил- ные			один двух- жильный	один трех- жильный			при прокладке			
		2	3	4			в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле	
0,5	11/—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,75	15/—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	17/—	16/—	15/—	14/—	15/—	14/—	—	—	—	—	—	—
1,5	23/—	19/—	17/—	16/—	18/—	15/—	23/—	19/—	33/—	19/—	27/—	—
2,5	30/24	27/20	25/19	25/19	25/19	21/16	30/23	27/21	44/34	25/19	38/29	—
4	41/32	38/28	35/28	30/23	32/25	27/21	41/31	38/29	55/42	35/27	49/38	—
6	50/39	46/36	42/32	40/30	40/31	34/26	50/38	50/38	70/55	42/32	60/46	—
10	80/60	70/50	60/47	50/39	55/42	50/38	80/60	70/55	105/80	55/42	90/70	—
16	100/75	85/60	80/60	75/55	80/60	70/55	100/75	90/70	135/105	75/60	115/90	—
25	140/105	115/85	100/80	90/70	100/75	85/65	140/105	115/90	175/135	95/75	150/115	—
35	170/130	135/100	125/95	115/85	125/95	100/75	170/130	140/105	210/160	120/90	180/140	—
50	215/165	185/140	170/130	150/120	160/125	135/105	215/165	175/135	265/205	145/110	225/175	—
70	270/210	225/175	210/165	185/140	195/150	175/135	270/210	215/165	320/245	180/140	275/210	—
95	330/255	275/215	255/200	225/175	245/190	215/165	325/250	260/200	385/295	220/170	330/255	—
120	385/295	315/245	290/220	260/200	295/230	250/190	385/295	300/230	445/340	260/200	385/295	—
150	440/340	360/275	330/255	—	—	—	440/340	350/270	505/390	305/235	435/335	—
185	510/390	—	—	—	—	—	510/390	405/310	570/440	350/270	500/385	—
240	605/465	—	—	—	—	—	605/465	—	—	—	—	—
300	695/535	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
400	830/645	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

<sup>1</sup> Токовые нагрузки, А: в числителе — для медных жил, в знаменателе — для алюминиевых. Нагрузки установлены из расчета нагрева жил +65°C при окружающей t воздуха +25°C и земли +15°C. При определении числа проводов, прокладываемых в одной трубе (или жил многожильного провода), нулевой рабочий провод, четырехпроводной системы трехфазного тока (или заземляющая жила) в расчет не принимается.

<sup>2</sup> Токовые нагрузки относятся к проводам и кабелям как с заземляющей жилой, так и без нее.

**Токовые нагрузки (А) кабелей с медными и алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массой изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в земле**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Одножильные до 1 кВ*	Двухжильные до 1 кВ	Трехжильные			Четырехжильные до 1 кВ
			до 3 кВ	до 6 кВ	10 кВ	
2,5	—	45/35	40/31	—	—	—
4	80/60	60/46	55/42	—	—	50/38
6	105/80	80/60	70/55	—	—	60/46
10	140/110	105/80	95/75	80/60	—	85/65
16	175/135	140/110	120/90	105/80	95/75	115/90
25	235/180	185/140	160/125	135/105	120/90	150/115
35	285/220	225/175	190/145	160/125	150/115	175/135
50	360/275	270/210	235/180	200/155	180/140	215/165
70	440/340	325/250	285/220	245/190	215/165	265/200
95	520/400	380/290	340/260	295/225	265/205	310/240
120	595/460	435/335	390/300	340/260	310/240	350/270
150	675/520	500/385	435/335	390/300	355/275	395/305
185	755/580	—	490/380	440/340	400/310	450/345
240	880/675	—	570/440	510/390	460/355	—
300	1000/770	—	—	—	—	—
400	1220/940	—	—	—	—	—
500	1400/1080	—	—	—	—	—
625	1520/1170	—	—	—	—	—
800	1700/1310	—	—	—	—	—

\* Для работы на пост. токе.

**Поправочные коэффициенты на число работающих кабелей<sup>1</sup>, лежащих рядом в земле в трубах и без труб**

Число кабелей						
	1	2	3	4	5	6
Для расстояния в свету:						
100 мм	1	0,9	0,85	0,80	0,78	0,75
200 мм	1	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300 мм	1	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

<sup>1</sup> Резервные кабели не учитываются.

Допустимые длительные токовые нагрузки на кабели до 35 кВ с изоляцией из пропитанной кабельной бумагой в свинцовой, алюминиевой или поливинилхлоридной оболочке приняты в соответствии с допустимой температурой жил кабелей по ГОСТ: при  $U_n$  до 3 кВ — + 80°C; до 6 кВ — + 65°C; до 10 кВ — + 60°C; до 20 и 35 кВ — + 50°C, а также из расчета прокладки в траншее на глубине 0,7 — 1 м не более одного кабеля при  $t$  земли + 15°C и удельном сопротивлении земли, равном 120 Ом·град/Вт (тепловых Ом·см).

**Токовые нагрузки (А) кабелей с медными и алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массой изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воде<sup>1</sup>**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Трехжильные			Четырехжильные до 1 кВ
	до 3 кВ	6 кВ	10 кВ	
16	—	135/105	120/90	—
25	210/160	170/130	150/115	195/150
35	250/190	205/160	180/140	230/175
50	305/235	255/195	220/170	285/220
70	375/290	310/240	275/210	350/270
95	440/340	375/290	340/260	410/315
120	505/390	430/330	395/305	470/360
150	565/435	500/385	450/345	—
185	615/475	545/420	510/390	—
240	715/550	625/480	585/450	—

<sup>1</sup>  $t$  воды принята + 15°C.

**Токовые нагрузки (А) кабелей с медными и алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массой изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Одножильные до 1 кВ	Двухжильные до 1 кВ	Трехжильные			Четырехжильные до 1 кВ
			до 3 кВ	6 кВ	10 кВ	
2,5	40/31	30/23	28/22	—	—	—
4	55/42	40/31	37/29	—	—	35/27
6	75/55	55/42	45/35	—	—	45/35
10	95/75	75/55	60/46	55/42	—	60/45
16	120/90	95/75	80/60	65/50	60/46	80/60
25	160/125	130/100	105/80	90/70	85/65	100/75
35	200/155	150/115	125/95	110/85	105/80	120/95
50	245/190	185/140	155/120	145/110	135/105	145/110
70	305/235	225/175	200/155	175/135	165/130	185/140
95	360/275	275/210	245/190	215/165	200/155	215/165
120	415/320	320/245	285/220	250/190	240/185	260/200

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Одножильные до 1 кВ	Двухжильные до 1 кВ	Трехжильные			Четырехжильные до 1 кВ
			до 3 кВ	6 кВ	10 кВ	
150	470/360	375/290	330/255	290/225	270/210	300/230
185	525/405	—	375/290	325/250	305/235	340/260
240	610/470	—	430/330	375/290	350/270	—
300	720/555	—	—	—	—	—
400	880/675	—	—	—	—	—
500	1020/785	—	—	—	—	—
625	1180/910	—	—	—	—	—
800	1480/1080	—	—	—	—	—

Токовые нагрузки (А) кабелей с отдельно освинцованными медными и алюминиевыми жилами с объединено-пропитанной изоляцией, прокладываемых в земле, воде и воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Трехжильные					
	6 кВ			10 кВ		
	в земле	в воде	в воздухе	в земле	в воде	в воздухе
16	90/70	115/90	80/60	—	—	—
25	125/95	155/120	105/80	110/85	140/110	100/75
35	155/120	195/150	125/95	130/100	170/130	120/90
50	185/140	230/175	150/115	160/125	210/160	145/110
70	225/175	280/215	190/145	200/155	255/195	180/140
95	270/210	340/260	230/175	250/190	305/230	220/170
120	310/240	385/295	265/205	290/225	360/275	255/195
150	355/275	450/345	310/240	335/260	405/310	295/225

Токовые нагрузки (А) кабелей с медными или алюминиевыми жилами с объединено-пропитанной изоляцией в общей свинцовой оболочке, прокладываемых в земле, воде и воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Трехжильные 6 кВ			Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Трехжильные 6 кВ		
	в земле	в воде	в воздухе		в земле	в воде	в воздухе
16	90/70	100/75	65/50	70	220/170	275/210	170/130
25	120/90	140/110	90/70	95	265/205	335/260	210/160
35	145/110	175/135	110/85	120	310/240	385/295	245/190
50	180/140	220/170	140/110	150	355/275	450/345	290/225

Токовые нагрузки (А) кабелей с отдельно освинцованными (или с отдельно опрессованными алюминием) медными и алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной изоляцией, прокладываемых в земле, воде, воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Трехжильные					
	20 кВ			35 кВ		
	в земле	в воде	в воздухе	в земле	в воде	в воздухе
25	110/85	120/90	85/65	—	—	—
35	135/105	145/110	100/75	—	—	—
50	165/125	180/140	120/90	—	—	—
70	200/155	225/175	150/115	195/150	210/160	145/110
95	240/185	275/210	180/140	235/180	255/195	180/140
120	275/210	315/245	205/160	270/210	290/225	205/160
150	315/240	350/270	230/175	310/240	—	230/175
185	355/275	390/300	265/205	—	—	—

Токовые нагрузки (А) кабелей с медной или алюминиевой жилой с бумажной пропитанной изоляцией в свинцовой оболочке не бронированных, прокладываемых в воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Одножильные				
	до 3 кВ	6 кВ	10 кВ	20 кВ	35 кВ
2,5	35/27	—	—	—	—
4	50/38	—	—	—	—
6	60/46	—	—	—	—
10	85/65	75/60	—	—	—
16	120/90	110/85	90/70	—	—
25	145/110	135/105	125/95	105/80	—
35	170/130	155/120	145/110	125/95	—
50	215/165	200/155	180/145	155/120	—
70	260/200	240/185	225/175	185/140	180/140
95	305/235	280/215	265/205	220/170	215/165
120	330/255	300/230	285/220	245/190	250/185
150	360/275	325/250	310/240	270/210	265/205
185	385/205	350/270	335/260	290/225	285/220
240	435/335	395/305	380/290	320/245	315/245
300	460/355	420/325	405/310	350/270	340/260
400	485/375	440/340	425/325	370/285	—
500	505/390	460/335	445/340	—	—
625	525/405	—	—	—	—
800	550/425	—	—	—	—

Определение нагрузок кабелей при прокладке в блочной канализации

Группа	Конфигурация блоков	№ Канала	$I_0, A$
I	1	1	191
II		2	173
		3	167
III		2	154
IV		2	147
		3	138
V		2	143
		3	136
		4	131
VI		2	140
		3	132
VII		2	136
		3	132
VIII		2	135
		3	124
		4	104
IX		2	135
		3	118
		4	100
X		2	133
		3	116
		4	81
XI		2	129
		3	114
		4	79

Токовые нагрузки относятся к работе на перем. токе, при этом свинцовые оболочки соединены между собой и заземлены на обоих концах; число рядом лежащих кабелей три; расстояние между кабелями в свету не более 125 и не менее 35 мм.

Допустимые длительные токовые нагрузки на кабели, прокладываемые в блоках, определяются по формуле

$$I = abcdI_0,$$

где  $I_0$  — ток, определяемый по табл. стр. 318;  $a, b, c$  и  $d$  — коэфф. по табл. стр. 319 и 320.

Поправочные коэффициенты  $a$  на сечение кабеля

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Обозначение отверстия в блоке по табл. на стр. 318				Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Обозначение отверстия в блоке по табл. на стр. 318			
	1	2	3	4		1	2	3	4
25	0,44	0,46	0,47	0,51	120	1,14	1,13	1,13	1,12
35	0,54	0,57	0,57	0,60	150	1,33	1,30	1,29	1,26
50	0,67	0,69	0,69	0,71	185	1,5	1,46	1,45	1,38
70	0,81	0,84	0,84	0,85	240	1,78	1,70	1,68	1,55
95	1	1	1	1					

Поправочные коэффициенты  $b$  на напряжение кабеля:

$U_n$ кабеля, кВ	10	6	До 3
$b$	1	1,05	1,09

Поправочные коэффициенты  $c$  на среднесуточную нагрузку блока, определяемые в зависимости от отношения среднесуточной передаваемой мощности к номинальной:

$S_{ср}/S_n$	1	0,85	0,7
$c$	1	1,07	1,16

Коэфф.  $d$  уменьшения токовой нагрузки на кабели, прокладываемые в параллельных блоках одинаковой конфигурации:

Расстояние между блоками, мм . . .	500	1000	1500	2000	2500	8000
$d$ . . .	0,85	0,89	0,91	0,93	0,95	0,96

### Перегрузка кабельных линий

Кабельные линии 6—10 кВ, несущие нагрузку меньше номинальной, могут кратковременно перегружаться в следующих пределах:

Коэффициент предварительной нагрузки	Виды прокладки	Допустимая кратность перегрузки по отношению к номинальной в течение, ч		
		0,5	1	3
0,6/0,8	В земле	1,35/1,20	1,35/1,15	1,15/1,10
	В воздухе	1,25/1,15	1,15/1,10	1,10/1,05
	В трубах (в земле)	1,20/1,10	1,10/1,05	1,00/1,00

На время ликвидации аварий для КЛ до 10 кВ включительно допускаются перегрузки в течение 5 сут в следующих пределах:

		1	3	6
		0,6/0,8	В земле	1,50/1,35
	В воздухе	1,35/1,30	1,25/1,25	1,25/1,20
	В трубах (в земле)	1,30/1,20	1,20/1,15	1,15/1,10

Для КЛ, длительное время находящихся в тяжелых условиях эксплуатации, эти перегрузки д. б. понижены в соответствии с местными инструкциями.

Перегрузка КЛ 20—35 кВ не допускается.

### Шины круглого и трубчатого сечений

Диаметр, мм	Масса 1 м, кг		Шины круглые		Трубы медные			Трубы алюминиевые			Трубы стальные				
			Токовая нагр. при перем. в пост. токе, А <sup>1</sup>		$\frac{D_{вн}}{D_{нар}}$ , мм	Масса 1 м, кг	Токовая нагрузка, А	$\frac{D_{вн}}{D_{нар}}$ , мм	Масса 1 м, кг	Токовая нагрузка, А	$D_{вн}$ , дюймы	$D_{нар}$ , мм	Масса 1 м, кг	Токовая нагрузка при перем. токе, А	
	медные	алюминевые	без разреза	с продольным разрезом											
	Медь	Алюминий													
6	0,25	0,08	155	120	12/15	0,57	340	13/16	0,18	295	1/4	13,5	0,62	75	—
7	0,35	0,1	195	150	14/18	0,9	460	17/20	0,24	345	3/8	17,0	0,82	90	—
8	0,45	0,14	235	180	16/20	1,01	505	18/22	0,34	425	1/2	21,35	1,25	118	—
10	0,71	0,21	320	245	18/22	1,12	555	27/30	0,42	500	3/4	26,75	1,63	145	—
12	1,02	0,31	415	320	20/24	1,23	600	26/30	0,48	575	1	33,50	2,42	180	—
14	1,39	0,42	505	390	22/26	1,34	650	25/30	0,58	640	1 1/4	42,45	3,13	220	—
15	1,57	0,48	565	435	25/30	1,92	830	36/40	0,65	765	1 1/2	48,00	3,84	255	—
16	1,81	0,54	610/615	475	29/34	2,2	925	35/40	0,8	850	2	60,00	4,88	320	—
18	2,29	0,69	720/725	560	35/40	2,62	1100	40/45	0,9	935	2 1/2	75,50	6,64	390	—
19	2,52	0,77	780/785	605/610	40/45	3,01	1200	45/50	1,01	1040	3	88,50	8,34	455	—
20	2,82	0,85	835/840	650/655	45/50	3,32	1330	50/55	1,11	1150	4	114	10,85	670	770
21	3,08	0,95	900/905	695/700	49/55	4,37	1580	54/60	1,45	1340	5	137	15,04	800	890
22	3,38	1,04	955/965	740/745	53/60	5,53	1860	64/70	1,71	1545	6	164	17,81	900	1000
25	4,37	1,34	1140/1165	885/900	62/70	7,38	2295	74/80	1,96	1770	—	—	—	—	—
27	5,1	1,56	1270/1290	980/1000	72/80	8,5	2610	72/80	2,58	2035	—	—	—	—	—
28	5,48	1,68	1325/1360	1025/1050	75/85	11,2	3070	75/85	3,39	2400	—	—	—	—	—
30	6,36	1,91	1450/1490	1120/1155	90/95	6,47	2460	90/95	1,96	1925	—	—	—	—	—
35	8,4	2,6	1770/1865	1370/1450	93/100	9,43	3060	90/100	4,02	2840	—	—	—	—	—
38	10,1	3,1	1960/2100	1510/1620	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	11,18	3,43	2080/2260	1610/1750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
42	12,33	3,78	2200/2430	1700/1870	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	14,16	4,34	2380/2670	1850/2060	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

<sup>1</sup> В числителе — нагрузка при перем., в знаменателе — при пост. токе.

Примечание. Таблица токовых нагрузок на шины всех конструкций составлена с учетом: а)  $t$  окружающего воздуха +25°C; б) длительно допустимая  $t$  нагрева шин +70°C; в) шины проложены вертикально или горизонтально на ребро на расстоянии между ними, равном толщине шины.

## Шины прямоугольного сечения

Размеры, мм		Масса 1 м, кг	Медные				Алюминиевые				
Ширина	Толщина		Токовая нагрузка при числе полос на полюс для фазы, А*								
			1	2	3	4	Масса 1 м, кг	1	2	3	4
15	3	0,4	210	—	—	—	0,12	165	—	—	—
20		0,53	275	—	—	—	0,16	215	—	—	—
25		0,67	340	—	—	—	0,2	265	—	—	—
30	4	1,07	475	—	—	—	0,32	365/370	—	—	—
40		1,42	625	—/1090	—	—	0,43	480	—/855	—	—
40	5	1,78	700/705	—/1250	—	—	0,54	540/545	—/965	—	—
50		2,22	860/870	—/1525	—/1895	—	0,68	665/670	—/1180	—/1470	—
50	6	2,67	955/960	—/1700	—/2145	—	0,81	740/745	—/1315	—/1655	—
60		3,2	1125/1145	1740/1990	2240/2495	—	0,97	870/880	1350/1555	1720/1940	—
80	8	4,27	1480/1510	2110/2630	2720/3220	—	1,34	1150/1170	1630/2055	2100/2460	—
100		5,34	1810/1875	2470/3245	3170/3940	—	1,62	1425/1455	1935/2515	2500/3040	—
60		4,27	1320/1345	2160/2485	2790/3020	—	1,3	1025/1040	1680/1840	2180/2330	—
80	10	5,7	1690/1755	2620/3095	3370/3850	—	1,73	1320/1355	2040/2400	2620/2975	—
100		7,12	2080/2180	3060/3810	3930/4690	—	2,16	1625/1690	2390/2945	3050/3620	—
120		8,54	2400/2600	3400/4400	4340/5600	—	2,6	1900/2040	2650/3350	3380/4250	—
60	10	5,37	1475/1525	2560/2725	3300/3530	—	1,62	1155/1180	2010/2110	2650/2720	—
80		7,12	1900/1990	3100/3510	3990/4450	—	2,16	1480/1540	2410/2735	3100/3400	—
100		8,9	2310/2470	3610/4325	4650/5385	5300/6060	2,7	1820/1910	2860/3350	3650/4160	4150/4440
120		10,7	2650/2950	4100/5000	5200/6250	5900/6800	3,24	2070/2300	3200/3900	4100/4860	4650/5200

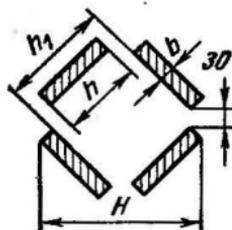
\* В числителе — токовая нагрузка при перем., в знаменателе — при пост. токе.

Примечание. Предел прочности при растяжении алюминиевых прессованных шин и профилей 70 МПа, нагартованных — 120 МПа, из алюминиевого сплава АД31Т1 — не менее 200 МПа.

## Стальные шины прямоугольного сечения

Размер, мм	Масса 1 м, кг	Токсовая нагрузка, А*	Размер, мм	Масса 1 м, кг	Токсовая нагрузка, А*
16×2,5 20×2,5 25×2,5	0,32 0,39 0,49	55/70 60/90 75/110	100×3 20×4	2,35 0,63	305/460 70/115
20×3 25×3	0,47 0,59	65/100 80/120	22×4 25×4 30×4 40×4	0,70 0,79 0,95 1,26	75/125 85/140 100/165 130/220
30×3 40×3	0,71 0,94	95/140 125/190	50×4 60×4 70×4	1,57 1,88 2,2	165/270 195/325 225/375
50×3 60×3 70×3 75×3	1,18 1,41 1,65 1,80	155/230 185/280 215/320 230/345	80×4 90×4	2,51 2,85	260/430 290/480
80×3 90×3	1,88 2,15	245/365 275/410	100×4	3,14	325/535

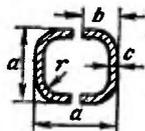
\* В числителе — токсовая нагрузка при перем., в знаменателе — при постоян. токе.



**Четырехполосные шины с расположением  
полос по сторонам квадрата  
(«полый пакет»)**

Размеры, мм				Сечение пакета, мм <sup>2</sup>	Масса, кг/м*	Токсовые нагрузки на пакет шин, А	
h	b	h <sub>1</sub>	H			медных	алюминиевых
80	8	140	157	2560	6,9/23	5750	4550
80	10	144	160	3200	8,64/28,5	6400	5100
100	8	160	185	3200	8,64/28,5	7000	5550
100	10	164	188	4000	10,8/35,5	7700	6200
120	10	184	216	4800	12,95/42,6	9050	7300

\* В числителе — масса алюминиевого пакета, в знаменателе — медного.



Шины коробчатого сечения<sup>1</sup>

Размеры, мм				Сечение «коробки», мм <sup>2</sup> (приближенно)	Масса 1 м, кг		Токовая нагрузка на коробку, А	
a	b	c	r		Медь	Алюминий	Медь	Алюминий
75	35	4	6	520	4,62	1,4	2730	—
75	35	5,5	6	695	6,18	1,88	3250	2670
100	45	4,5	8	775	6,9	2,1	3620	2820
100	45	6	8	1010	9	2,73	4300	3500
125	55	6,5	10	1370	12,2	3,7	5500	4640
150	65	7	10	1785	15,9	4,8	7000	5650
175	80	8	12	2440	21,7	6,6	8550	6430
200	90	10	14	3435	30,6	9,3	9900	7550
200	90	12	16	4040	35,9	10,9	10 500	8830
225	105	12,5	16	4880	43,5	13,2	12 500	10 300
250	115	12,5	16	5450	48,5	14,7	—	10 800

<sup>1</sup> Нормальная длина отрезков шин 6—7,5 м; допуск по наружным размерам не более  $\pm 1\%$ , по толщине не более  $\pm 0,5$  мм.

Примечание.  $R_{из}$  шин (сборных и соединительных) (мегаомметр на 1000 В) не менее 0,5 МОм.

Поправочные коэффициенты на температуру земли и воздуха для токовых нагрузок на кабели, голые и изолированные провода и шины

Расчетная $t$ среды, °С	Нормированная $t$ жил, °С	Поправочные коэффициенты при фактической $t$ среды, °С											
		-5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68
25	70	1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74
25	65	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
15	65	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
25	60	1,82	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
15	60	1,20	1,15	1,12	1,06	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,57	0,47
25	55	1,36	1,31	1,25	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76	0,66	0,54
15	55	1,22	1,17	1,12	1,07	1,00	0,93	0,86	0,79	0,71	0,61	0,50	0,36
25	50	1,41	1,35	1,29	1,23	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,59	0,41
15	50	1,25	1,20	1,14	1,07	1,00	0,93	0,84	0,76	0,66	0,54	0,37	—
25	50	1,48	1,41	1,34	1,26	1,18	1,09	1,00	0,89	0,78	0,63	0,45	—

## КАТЕГОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИЕМНИКОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В отношении обеспеченности надежности эл. снабжения приемники разделяются на следующие три категории:

1-я категория — эл. приемники, перерыв эл. снабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства при нарушениях эл. снабжения.

Из состава эл. приемников 1-й категории выделяется особая группа эл. приемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийной остановки производства с целью предотвращения угрозы для жизни людей, взрывов, пожаров и повреждений дорогостоящего основного оборудования.

2-я категория — эл. приемники, перерыв в эл. снабжении которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

3-я категория — все остальные эл. приемники, не подходящие под определение 1-й и 2-й категорий.

Эл. приемники 1-й категории должны обеспечиваться эл. энергией от двух независимых источников питания и перерыв их эл. снабжения при нарушении эл. снабжения от одного из источников питания м. б. допущен лишь на время автоматического восстановления питания. Для эл. снабжения особой группы эл. приемников должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого источника питания.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы эл. приемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных эл. приемников 1-й категории м. б. использованы местные ЭС, ЭС энергосистемы (в частности, шины генераторного напряжения), специальные агрегаты бесперебойного питания, АБ и т. п.

Если резервированием эл. снабжения нельзя обеспечить необходимой непрерывности технологического процесса или если резервирование эл. снабжения экономически нецелесообразно, то должно осуществляться технологическое резервирование, например путем установки взаиморезервирующих технологических агрегатов, специальных устройств безаварийной остановки технологического процесса, действующих при нарушении эл. снабжения.

Эл. снабжение эл. приемников 1-й категории с особо сложным непрерывным технологическим процессом, требующим длительного времени на восстановление рабочего режима, при наличии технико-экономических обоснований, рекомендуется осуществлять от двух независимых источников питания, к которым предъявляются дополнительные требования, определяемые особенностями технологического процесса.

Эл. приемники 2-й категории рекомендуется обеспечивать эл. энергией от двух независимых источников питания.

Для эл. приемников 2-й категории при нарушении эл. снабжения от одного из источников питания допустимы перерывы эл. снабжения

### Номинальные напряжения и мощности единичных конденсаторов

$U_n$ , кВ	Номинальная мощность, квар												
	II серия			III серия			IV серия						
	Тип												
	КС1	КС2	КС1	КС2	КС1	КС2	КС1	КС2	КС1	КС2	КС1	КС2	КС0
	Исполнение, категория												
У1	У3	У1	У3	У1	У3	У1	У3	У1	У3	У1	У3	У1	У3
0,22	6	6	12	12	8	8	16	16	—	—	—	—	4
0,38	14	18	28	36	20	25	40	50	—	—	—	—	12,5
0,50	14	18	28	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,66	16	20	32	40	20	25	40	50	—	—	—	—	12,5
1,05	—	—	—	—	30	37,5	60	75	—	—	—	—	—
3,15	—	—	—	—	30	37,5	60	75	37,5	50	75	100	25
6,30	—	—	—	—	30	37,5	60	75	37,5	50	75	100	25
10,50	—	—	—	—	30	37,5	60	75	37,5	50	75	100	25

### Испытательные напряжения конденсаторов для повышения $\cos \phi$

Вид испытания	$U_{исп}$ , кВ, для конденсаторов с $U_{раб}$ , кВ						
	0,22	0,38	0,50	0,66	3,15	6,3	10,5
Между обкладками	0,42	0,72	0,95	1,25	5,9	11,8	20
Относительно корпуса	2,1	2,1	2,1	5,1	5,1	15,3	21,3

Примечание. Продолжительность испытания — 1 мин.

### Комплектные конденсаторные установки

Тип	Число конденсаторных ячеек	Габариты, м			Масса, кг
		Длина	Ширина	Высота	
УК-0,38-78У3	1	0,7	0,56	1,6	235
УКЛ(Л)Н-0,38-78У3	1	1,22	0,56	1,6	335
УК-0,38-156У3	2	0,7	0,56	1,6	240
УКЛ(П)Н-0,38-156У3	2	1,92	0,56	1,6	575
УКЛ(П)Н-0,38-150-50У3	1	1,22	0,56	1,6	—
УКЛ(П)Н-0,38-300-50У3	2	1,92	0,56	1,6	—
УК-0,38-110НУ3	1	0,7	0,65	1,8	350
УК-0,38-220НУ3	2	2,1	0,65	1,8	760
УК-0,38-320НУ3	3	2,8	0,65	1,8	1060
УК-0,38-430НУ3	4	3,5	0,65	1,8	1360
УК-0,38-540НУ3	5	4,2	0,65	1,8	1665

на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

Допускается питание эл. приемников 2-й категории по одной ВЛ, в том числе с кабельной вставкой, если обеспечена возможность проведения аварийного ремонта этой линии за время не более одних суток. Кабельная вставка этой ВЛ должна выполняться двумя кабелями, каждый из которых выбирается по длительно допустимой нагрузке ВЛ. Допускается питание эл. приемников 2-й категории по КЛ, состоящей не менее чем из двух кабелей, присоединяемых к одному общему аппарату.

При наличии централизованного резерва тр-ров и возможности замены повредившегося тр-ра за время не более одних суток допускается питание эл. приемников 2-й категории от одного тр-ра.

Для эл. приемников 3-й категории эл. снабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы эл. снабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы эл. снабжения, не превышают одних суток.

### КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ И КОСИНУСНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

#### Коэффициент мощности

Средневзвешенный коэффициент мощности эл. установок, присоединяемых к эл. сетям, д. б. не ниже 0,92—0,95. Уменьшение указанной величины допускается в каждом отдельном случае лишь по согласованию с энергосистемой в случае наличия избытков реактивной мощности в энергосистеме и питания эл. установки потребителя непосредственно от шин генераторов эл. станций.

Установка на предприятии всех видов компенсирующего эл. оборудования допускается только с разрешения энергосистемы.

### Конденсаторы для повышения $\cos \phi$ электрических установок переменного тока частотой 50 Гц (по ГОСТ 1282-72)

Типы конденсаторов: КС0; КС1; КС2.

К — косинусный; С — пропитка синтетическими жидкостями; 0, I и 2 — исполнение в корпусе нулевого, первого и второго габаритов.

Конденсаторы на  $U_n$  1,05; 3,15; 6,3 и 10,5 кВ изготавливаются в однофазном исполнении, конденсаторы на  $U_n$  0,22, 0,38; 0,5 и 0,66 кВ — в однофазном и трехфазном исполнении.

Размеры единичных конденсаторов:

нулевой габарит — в корпусе 380 × 120 × 180 мм;

первый » » 380 × 120 × 325 мм;

второй » » 380 × 120 × 640 мм.

Тип	Число конденсаторных ячеек	Габариты, м			Масса, кг
		Длина	Ширина	Высота	
УК-0,38-150УЗ	1	0,7	0,65	1,9	335
УК-0,38-300 НЛ(П)УЗ	2	2,1	0,65	1,8	820
УК-0,38-450 НЛ(П)УЗ	3	2,8	0,65	1,8	1130
УК-0,38-600 НЛ(П)УЗ	4	3,5	0,65	1,8	1410
УК-0,38-750 НЛ(П)УЗ	5	4,2	0,65	1,8	1655
УКМ-6-400/600У1	2/3	2,9	0,82	2,1	900/910
УКМ-10-400/600У1	2/3	3,6	0,82	2,1	1185/1200
УК-6(10)-450Л(П)УЗ	2	2,4	0,8	2	—
УК-6(10)-675Л(П)УЗ	3	3,1	0,8	2	—
УК-6(10)-900Л(П)УЗ	4	3,8	0,8	2	—
УК-6(10)-1125Л(П)УЗ	5	4,5	0,8	2	—
УК-6(10)Н-900Л(П)	1×900	2,4	0,8	2,8	—
УК-6(10)Н-1350Л(П)	1×1350	3,1	0,8	2,8	—
УК-6(10)Н-1800Л(П)	1×1800	3,8	0,8	2,8	—

Примечание. Обозначения: УК — установка конденсаторная; М — модернизированное исполнение ячейки ввода; Л — левое; П — правое; Н — регулирование по напряжению; числа — напряжение, кВ, и мощность установки, квар; У — климатическое исполнение; 1 и 3 — категория размещения.

### ЗАЗЕМЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Заземление или зануление эл. установок следует применять:

- 1) при напряжении 380 В и выше перем. тока и 440 В и выше пост. тока — во всех случаях;
- 2) при  $U_n$  выше 42 В перем. и 110 В пост. тока — только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках.

Заземление или зануление не требуется при  $U_n$  до 42 В перем. и 110 В пост. тока во всех случаях.

К частям, подлежащим заземлению или занулению, относятся:

- 1) корпуса эл. машин, тр-ров, аппаратов, светильников и т. п.;
- 2) приводы эл. аппаратов;
- 3) вторичные обмотки измерительных тр-ров;
- 4) каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов, а также съемные или открывающиеся части, если на последних установлено эл. оборудование выше 42 В перем. или 110 В пост. тока;
- 5) металлические конструкции РУ, металлические кабельные конструкции, металлические соединительные кабельные муфты, металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей, металлические оболочки проводов, стальные трубы эл. проводов и др. металлические конструкции, связанные с установкой эл. оборудования;
- 6) металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей и проводов до 42 В перем. и 110 В пост. тока, проложенных на общих металлических конструкциях, в том числе в общих трубах, коробах, лотках и т. п. вместе с кабелями и проводами, металлические оболочки и броня которых подлежат заземлению или занулению;
- 7) металлические корпуса передвижных и переносных эл. приемников.

Проводник	Сечение, мм <sup>2</sup>	
	Медь	Алюминий
Голые проводники при открытой прокладке	4	6
Изолированные провода	1,5	2,5
Заземляющие и нулевые жилы кабелей и многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами	1	2,5

### Наименьшие размеры стальных заземлителей и заземляющих проводников

Наименование	В зданиях		
	В наружных установках	В земле	
Круглые, диаметр, мм	5	6	10
» оцинкованные	—	—	6
Прямоугольные:			
сечение, мм <sup>2</sup>	24	48	48
толщина, мм	3	4	4
Угловая сталь, толщина полок, мм	2	2,5	4
Газопроводные трубы, толщина стенок, мм	2,5	2,5	3,5
Тонкостенные трубы, толщина стенок, мм	1,5	2,5	Не допускаются

### Приближенные значения удельных сопротивлений грунтов и воды $\rho$ , Ом·м

Песок . . . . .	700	Чернозем . . . . .	20
Супесок . . . . .	300	Торф . . . . .	20
Суглинок . . . . .	100	Речная вода (равнинные реки) . . . . .	50
Глина . . . . .	40	Морская вода . . . . .	0,2
Садовая земля . . . . .	40		

Примечание. Значения  $\rho$  даны при влажности 10—20% массы грунта.

Сопротивление заземляющего устройства д. б. не более:

- а) в установках выше 1000 В с глухозаземленной нейтралью — 0,5 Ом с учетом естественных заземлителей;
  - б) в установках выше 1000 В с изолированной нейтралью — 125/I Ом для заземляющего устройства, используемого одновременно для установок до 1000 В и 250/I Ом для заземляющего устройства, используемого только для установок выше 1000 В, где I — расчетный ток замыкания на землю;
  - в) в установках до 1000 В с глухозаземленной нейтралью — 2, 4, 8 Ом соответственно при  $U_n$  660, 380, 220 В источника трехфазного тока или 380, 220, 127 В источника однофазного тока.
- При  $\rho$  земли более 10 Ом·м указанные нормы увеличиваются в отношении  $\rho/100$ , но не более 10-кратного.

## НОРМЫ АМОРТИЗАЦИИ И ОПЛАТЫ ЗА ФОНДЫ И ОБОРОТНЫЕ СРЕДСТВА

### Нормы амортизации в энергетике

Общее сопротивление растеканию заземлителей всех повторных заземлений нулевого рабочего провода каждой ВЛ до 1000 В не более 5, 10, 20 Ом при  $U_d$  соответственно 660, 380, 220 В (трехфазный ток) или 380, 220, 127 В (однофазный ток); при этом сопротивление растеканию заземлителя каждого из повторных заземлений д. б. не более 15, 30 и 60 Ом соответственно для тех же напряжений;

г) в установках до 1000 В с изолированной нейтралью — 4 Ом.

При  $P$  и СГ и тр-ров 100 кВ·А и менее — не более 10 Ом;

д) для опор ВЛ выше 1000 В сопротивление заземляющего устройства д. б. не более:

Удельное сопротивление земли, Ом·м . . . . .	До 100	100—500	500—1000	Боле 1000
Сопротивление заземляющего устройства, Ом . . . . .	10	15	20	30

Измерения производятся при отсоединенном тресе или способом, исключающим его влияние.

Измерение  $R$  заземляющих устройств ЭС, подстанций и линий электропередачи должно производиться не позже чем через 1 год после включения в эксплуатацию, а в дальнейшем при комплексном ремонте электроустановки, но не реже чем 1 раз в 10 лет.

### ГРАНИЦЫ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА СОСТОЯНИЕ И ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Электроустановки 1000 В и выше	а) На соединителе проходного изолятора ВЛ с наружной стороны ЗРУ и на натяжном зажиме порталной оттяжной гирлянды
	ОРУ
ВЛ 1000 В и выше, имеющие отпайки (глухие или через разьединители) и принадлежащие различным организациям	б) На наконечниках кабельных или воздушных вводов питающих или отходящих линий
	На опоре основной линии, где произведена отпайка
Электроустановки до 1000 В (между потребителем и энерго-снабжающей организацией)	а) При воздушном ответвлении — на первых изоляторах, установленных на здании или на трубойстойке
	б) При кабельном вводе — на наконечниках питающего кабеля

Энергоснабжающая организация обязана поддерживать напряжение на границе раздела электросети в соответствии с ГОСТ 13109-67, если  $\cos \phi$  электроустановок потребителя не ниже 0,9.

Группы и виды основных фондов	Нормы отчислений, % балансовой стоимости		
	Общая норма амортизационных отчислений	В том числе	
		на полное восстановление	На капитальный ремонт
Производственные здания			
Здания многоэтажные типа этажерок специального технологического назначения	3,1	1,7	1,4
Дымовые трубы:			
каменные и железобетонные	2,4	2,0	0,4
металлические	4,5	4,0	0,5
Силовые машины и оборудование			
Котельные установки, работающие на малозольном твердом топливе *	8,5	3,5	5,0
Эл. дв. до 100 кВт	12,6	9,5	3,1
Эл. дв. свыше 100 кВт	8,1	5,3	2,8
Паровые турбоагрегаты комплектно с г-ром и вспомогательным оборудованием	6,5	3,5	3,0
Вспомогательное силовое тепломеханическое оборудование ТЭС	10,5	7,0	3,5
Силовое электротехническое оборудование и РУ	6,4	3,5	2,9
Линии электропередачи			
ВЛ 0,4—20 кВ			
На металлических или ж.-б. опорах	3,6	3,0	0,6
На опорах из пропитанной древесины и непропитанной лиственницы	5,7	4,0	1,7
На опорах из непропитанной древесины	8,0	6,0	2,0
ВЛ 35—220 кВ			
На металлических и ж.-б. опорах	2,4	2,0	0,4
На деревянных опорах из пропитанной древесины и непропитанной лиственницы	4,9	3,3	1,6
ВЛ 330 кВ и выше			
На металлических или ж.-б. опорах	2,4	2,0	0,4

Группы и виды основных фондов	Нормы отчислений, % балансовой стоимости		
	Общая норма амортизационных отчислений	В том числе	
		на полное восстановление	на капитальный ремонт
<i>КЛ со свинцовой оболочкой</i>			
До 10 кВ, проложенные в земле, в помещениях	2,3	2,0	0,3
6—10 кВ, проложенные в воде	4,6	4,0	0,6
<i>КЛ до 10 кВ с алюминиевой оболочкой</i>			
Проложенные в земле	4,3	4,0	0,3
Проложенные в помещении	2,3	2,0	0,3
<i>КЛ до 10 кВ с пластмассовой оболочкой</i>			
Проложенные в земле, в помещении	5,3	5,0	0,3
<i>КЛ 20—35 со свинцовой оболочкой</i>			
Проложенные в земле, в помещении	3,4	3,0	0,4
Проложенные под водой	5,8	5,0	0,8

\* К норме на капитальный ремонт котельных установок применяются поправочные коэффициенты: при сжигании высокосернистого мазута — 1,4; при работе на газе — 0,8; на горючих сланцах — 2,3; при работе котлов до 3600 ч/год — 0,7.

**Нормы оплаты за основные фонды и оборотные средства от среднегодовой стоимости производственных фондов составляют 3%.**

**Крупное и сложное предприятие в электроэнергетике:** Электростанция, стоимость строительства которой — 50 млн. руб.; линии электропередачи и др. предприятия и сооружения отрасли — 25 млн. руб.

Продолжение

Группы и виды основных фондов	Нормы отчислений, % балансовой стоимости		
	Общая норма амортизационных отчислений	В том числе	
		на полное восстановление	на кап-ремонт
<i>КЛ со свинцовой оболочкой</i>			
До 10 кВ, проложенные в земле, в помещениях	2,3	2,0	0,3
6—10 кВ, проложенные в воде	4,6	4,0	0,6
<i>КЛ до 10 кВ с алюминиевой оболочкой</i>			
Проложенные в земле	4,3	4,0	0,3
Проложенные в помещении	2,3	2,0	0,3
<i>КЛ до 10 кВ с пластмассовой оболочкой</i>			
Проложенные в земле, в помещении	5,3	5,0	0,3
<i>КЛ 20—35 со свинцовой оболочкой</i>			
Проложенные в земле, в помещении	3,4	3,0	0,4
Проложенные под водой	5,8	5,0	0,8

\* К норме на капремонт котельных установок применяются поправочные коэффициенты: при сжигании высокосернистого мазута — 1,4; при работе на газе — 0,8; на горючих сланцах — 2,3; при работе котлов до 3600 ч/год — 0,7.

Нормы оплаты за основные фонды и оборотные средства от среднегодовой стоимости производственных фондов составляют 3%.

Крупное и сложное предприятие в электроэнергетике: Электростанция, стоимость строительства которой — 50 млн. руб.; линии электропередачи и др. предприятия и сооружения отрасли — 25 млн. руб.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АБ — аккумуляторная батарея	питат. — питательная (ос)
АЭС — атомная электростанция	пост. — постоянный
вкл. — включительно	производит. — производительность
ВВ — воздушный выключатель	пром. — промежуточный, промышленный (ая)
ВЛ — воздушная линия	РЗ — релейная защита
в. д. — высокое давление	РПН — регулирование напряжения под нагрузкой (тр-ров)
ВН — высшее напряжение, выключатель нагрузки	РУ — распределительное устройство
в т. ч. — в том числе	св. — свыше
г-р — генератор	СГ — синхронный г-р
д. б. — должно быть	СД — синхронный двигатель
доп — допустимый (ая)	СК — синхронный компенсатор
др. — другие	сл. — слабо
Д — соединение треугольником	с. н. — собственные нужды
ЗРУ — закрытое РУ	СН — среднее напряжение
КЛ — кабельная линия	t — температура
капремонт — капитальный ремонт	термич. — термическая
КТП — комплектная ТП	тр-р — трансформатор
КРУ — комплектное РУ	ТН — тр-р напряжения
КРУН — то же наружное	ТТ — тр-р тока
к. з. — короткое замыкание, короткозамкнутый	ТП — трансформаторная подстанция
КЭС — конденсационная ЭС	ТЭС — тепловая электростанция
ЛЭП — линия электропередачи	ТЭЦ — тепловая электроцентраль
МВ — масляный выключатель	уд. — удельный (ая)
напр. — например	У — соединение звездой
отключ. — отключение	х. х. — холостой ход
и. д. — низкое давление	эл. — электрический (ая)
НН — низшее напряжение	электродинамич. — электродинамическая
и — номинальный (ая)	ЭС — электростанция
ОРУ — открытое РУ	эл. дв. — электродвигатель
ПВВ — переключение ответвлений без возбуждения со стороны ВН (тр-ров)	Z — соединение зигзагом
перем. — переменный	