МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

УКАЗАНИЯ ПО НОРМИРОВАНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ГИДРООХЛАДИТЕЛЕЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА И ИНФОРМАЦИИ СОЮЗТЕХЭНЕРГО
Москва 1981

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.175.3:658.5

Составлено предприятием "Южтехэнерго"

С о с т а в и т е л и инженеры П.Г.САЯПИН, Э.И.ЯКОВЕНКО

Настоящие Указания разработаны на основании опыта эксплуатации, экспериментально-наладочных работ, натурных испытаний башенных градирен и водохранилищ-охладителей.

Указания предназначены для персонала электростанций, занятого эксплуатацией и обслуживанием указанных гидроохладителей; обязательны в качестве руководства для инженерно-технического и руководящего персонала производственно-эксплуатационных служб ПЭО, котлотурбинных, водных, наладочных цехов, режимных групп и ПТО электростанций, в ведении которых находятся эксплуатируемые башенные градирни и водохранилища-охладители.

Указания разработаны впервые.

© СПО Союзтехэнерго, 1981

О Г Л А В Л Е Н И Е

I. Общая часть	6
2. Градирни	7
2.I. Классификация	7
2.2. Нормативные характеристики	8
2.3. Порядок составления, утверждения и пересмотра нормативных характеристик	29
2.4. Нормирование показателей работы	3I
2.5. Порядок сопоставления нормативных и фактических показателей работы	33
3. Водохранилища-охладители	37
3.I. Классификация	37
3.2. Нормативные характеристики	40
3.3. Порядок составления, утверждения и пересмотра нормативных характеристик	46
3.4. Нормирование показателей работы	47
3.5. Порядок сопоставления нормативных и фактических показателей работы	50
П р и л о ж е н и е I. Методические указания по проверке охлаждающей способности градирен	54
П р и л о ж е н и е 2. Указания по организации штатного контроля за работой градирен	60
П р и л о ж е н и е 3. Задачи эксплуатационного персонала по контролю за нормативными показателями охлаждающей способности водохранилища	68
П р и л о ж е н и е 4. Рекомендации по организации штатного контроля на электростанции за работой водохранилищ-охладителей	69
С п и с о к и с п о л ь з о в а н н о й л и т е р а т у р ы	79

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$D_к$ – расход пара в конденсатор паровой турбины, т/ч.

$\Delta i_к$ – разность теплосодержаний отработавшего пара и конденсата, ккал/кг.

$t_п$ и $t_к$ – температура отработавшего пара и конденсата, °С.

t_1 – температура нагретой воды, поступающей в охладитель, °С.

t_2 – температура охлажденной воды, °С.

t_e – естественная температура воды в пруду, °С.

$\Delta t = t_1 - t_2$ – перепад температур воды, °С.

$\delta = t_2 - t_e$ – перегрев водохранилища, °С.

θ – температура воздуха, °С.

τ – температура воздуха по влажному термометру, °С.

φ – относительная влажность воздуха, %.

w – скорость ветра, м/с.

$p_б$ – барометрическое давление, мм рт.ст.:

Δp – перепад давлений (динамический), кгс/м^2.

γ – плотность воды, кг/м^3.

c – теплоемкость воды, ккал/(кг.°С).

Q – гидравлическая нагрузка градирни, м^3/ч и водохранилища, м^3/сут.

q – удельная гидравлическая нагрузка (плотность орошения) градирни, м^3/(ч·м^2).

$u = \gamma c q \Delta t$ – удельная тепловая нагрузка градирни, Мкал/(ч·м^2).

F_{op} – площадь орошения градирни, м^2.

H_{op} и $H_{гр}$ – высота оросителя и всей градирни, м.

b – расстояние в свету между щитами оросителя, мм.

H и h_c – напор воды в подводящем водоводе и перед соплом градирни, м вод.ст.

q_c – производительность одного сопла, м^3/ч.

D и R – диаметр и радиус трубопровода, см.

k – коэффициент распределения скоростей по живому сечению трубопровода.

α – коэффициент расхода сегментной диафрагмы.

L и B – длина и ширина водохранилища (средние), км.

h – глубина водохранилища (средняя), м.

Ω и $\Omega_{акт.}$ – общая и активная площади водохранилища-охладителя, $м^2$.

$\omega_{уд}$ – удельная площадь активной зоны, $м^2/(м^3 \cdot сут)$.

Z_0 – параметр шероховатости.

$h_ф$ – высота флюгера, м.

$Ц$ – продолжительность цикла измерений, сут.

$K_{эф}$ – коэффициент эффективности водохранилища-охладителя.

K_1, K_2, K_3 – коэффициенты, учитывающие соответственно: степень защищенности метеостанции, характер рельефа в пункте наблюдений и длину разгона воздушного потока над водоемом при различной его защищенности.

$K_ц$ – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения температур воды по глубине.

$\alpha_м$ и $\alpha_к$ – соответственно коэффициенты теплоотдачи испарением, Мкал/($м^2 \cdot$ сут $\cdot$ мм), и конвекцией, Мкал/($м^2 \cdot$ сут $\cdot\ ^0C$).

$e'_п$ – максимальная упругость паров воды, мм рт.ст.

e – абсолютная влажность воздуха, мм рт.ст.

R_1 – радиационный баланс неподогреваемого тепловой станцией водоема, Мкал/($м^2 \cdot$ сут).

$I_п$ – эффективное излучение водной поверхности, Мкал/($м^2 \cdot$ сут).

$Q_п$ – прямая солнечная радиация, Мкал/($м^2 \cdot$ сут).

$g_р$ – рассеянная солнечная радиация, Мкал/($м^2 \cdot$ сут);

$(Q_п + g_р)_п$ – суммарная солнечная радиация при наблюденной общей облачности, Мкал/($м^2 \cdot$ сут).

$(Q_п + g_р)_0$ – суммарная солнечная радиация при безоблачном небе, Мкал/($м^2 \cdot$ сут).

УТВЕРЖДАЮ:
Заместитель начальника
Главтехуправления

Д.Я.ШАМАРАКОВ
7 февраля 1980 г.

I. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

По мере развития энергетики в нашей стране быстро увеличиваются площади вновь сооружаемых гидроохладителей (в основном градирен и водохранилищ), работающих в циклах оборотного водоснабжения электростанций.

Охлаждающая способность гидроохладителей оказывает непосредственное влияние на вакуум в конденсаторах турбин и, следовательно, на уровень эффективности топливоиспользования. Например, повышение температуры охлаждающей воды в летних условиях на $1^{\circ}C$ приводит к перерасходу примерно 1,2-2 г/(кВт·ч) топлива. В связи с этим возникает необходимость в нормировании основного показателя работы гидроохладителей - температуры охлажденной воды в зависимости от режимных условий эксплуатации и метеорологических факторов.

Из-за отсутствия каких-либо методических указаний по контролю за показателями работы гидроохладителей и нормированию их в процессе эксплуатации не уделяется должного внимания учету показателей, анализу экономичности работы и улучшению состояния гидроохладителей. Между тем вследствие неплотности вытяжной башни градирни, старения оросительного устройства и его обрушения, из-за оползней берегов, заиления и зарастания водохранилищ водной растительностью значительно снижается охлаждающая способность гидроохладителей. Согласно опыту эксплуатации, температура охлаждающей воды в этих случаях повышается примерно на $2-3^{\circ}C$.

Разработанные Указания по нормированию температуры охлажденной воды прежде всего направлены на решение задачи экономичной эксплуатации гидроохладителей благодаря своевременному выявлению и устранению причин ухудшения их работы, т.е. конечной целью нормирования и анализа основных показателей работы является количественная оценка, выявление и устранение причин перерасхода

топлива из-за ухудшения технического состояния и недостатков в эксплуатации гидроохладителей.

Приводимые единые нормативные характеристики (номограммы) составлены для градирен, находящихся в исправном состоянии, не имеющих строительно-монтажных дефектов и без недоделок, а для водохранилищ-охладителей - с проектной конфигурацией акватории (без учета обрастания водной растительностью). Характеристики приведены для различных конструкций башенных градирен площадью орошения от 500 до 4200 м^2, с деревянными и асбестоцементными оросителями. Для водохранилищ-охладителей приведены обобщенные коэффициенты эффективности в соответствии со схемами циркуляции.

Ввиду многотипности конструкций существующих градирен и конфигураций водохранилищ-охладителей нормативы определяются для каждого конкретного случая. С этой целью даются методические указания по их расчету согласно нормативным характеристикам (номограммам) с практическими примерами. Особое место среди нормативов занимает температура охлажденной циркуляционной воды перед конденсаторами турбин. Данные о фактической и нормативной среднемесячных температурах охлажденной воды, а также о перерасходе топлива из-за их расхождения электростанции обязаны вносить в отчетную форму 3-тех согласно инструкции [I] .

Для обеспечения нормирования и анализа показателей работы градирен и водохранилищ необходимо при проектировании электростанций предусматривать организацию метеорологических постов, оснащение градирен и водохранилищ контрольно-измерительными приборами.

Применение настоящих Указаний обеспечит повышение технического уровня эксплуатации гидроохладителей и снижение удельных расходов топлива.

2. ГРАДИРНИ

2.I. Классификация

Одним из основных элементов градирни является оросительное устройство. Оно предназначено для увеличения охлаждающей поверхности и времени соприкосновения воды и воздуха и, следовательно, для ускорения процесса охлаждения воды.

Конструкции оросительных устройств подразделяются по виду образуемой охлаждающей поверхности воды на следующие типы: пленочные, капельно-пленочные, капельные и брызгальные.

В зависимости от направления движения воздуха в оросительном устройстве по отношению к направлению движения воды градирни подразделяются на противоточные, поперечно-противоточные и поперечно-точные.

В настоящее время на электростанциях получили распространение наиболее эффективные противоточные башенные градирни с пленочными (П) и капельно-пленочными (КП) оросителями. В оросителе таких градирен вода движется вертикально сверху вниз под действием силы тяжести, а воздух поднимается снизу вверх навстречу воде под действием силы тяги башни.

Оросители действующих градирен разнообразны по конструкции, имеют различную высоту, разные расстояния между щитами по горизонтали и рядами досок по вертикали, при строительстве их использованы различные материалы. Пленочные оросители в настоящее время выполняются из асбестоцементных листов и дерева, а капельно-пленочные - в основном из деревянных досок сечением 10х100 мм.

2.2. Нормативные характеристики

Для нормирования работы башенных градирен в Союзтехэнерго разработаны номограммы единой формы - нормативные характеристики (рис.I-II). Они предназначены для расчета нормативных температур охлажденной воды по заданным метеорологическим и режимным условиям работы башенных градирен.

Нормативные характеристики составлены по результатам натурных балансовых испытаний типовых и модернизированных башенных градирен, находившихся в исправном состоянии. Все составленные характеристики проверены по натурным данным сопоставлением фактической температуры охлажденной воды с нормативной, найденной по номограмме. Результаты проверки приводятся в табл.I, где для каждой градирни указан номер ее нормативной характеристики и поправка на совпадение с натурными данными.

Каждая характеристика может быть использована не только для той градирни, по результатам испытания которой она составле-

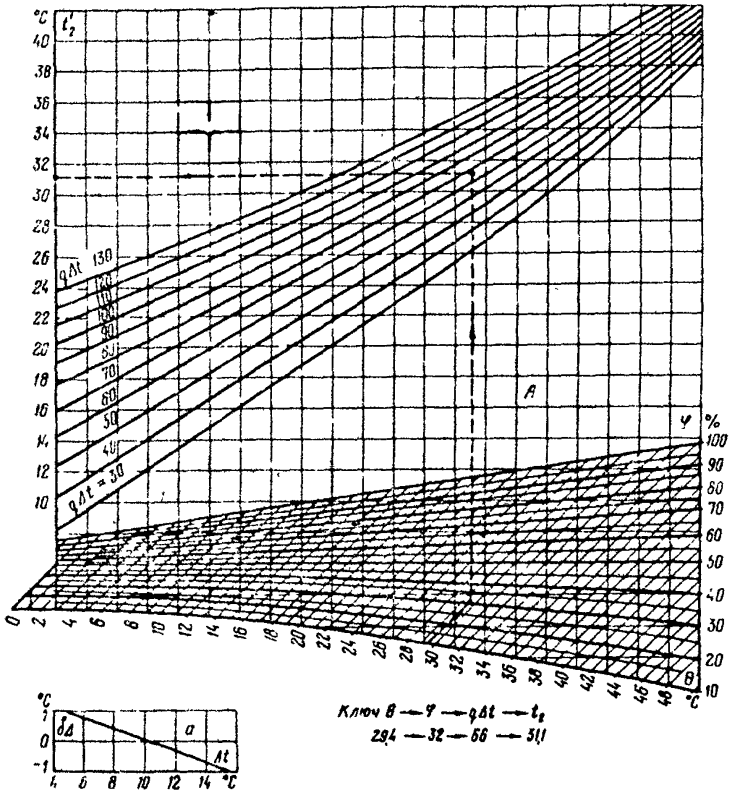


Рис.I. Нормативная характеристика башенной градирни площадью орошения 4200 м² с двухъярусным оросителем высотой 2,85 м (2·I,2+0,45) и расстоянием в свету между асбестоцементными щитами 25 мм

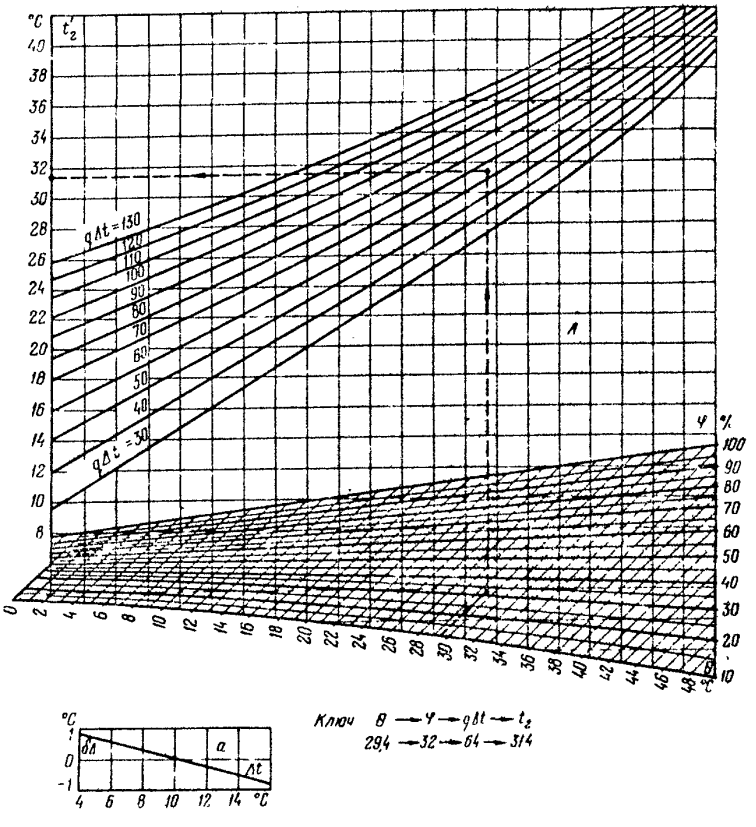


Рис.2. Нормативная характеристика башенной градирни площадью орошения 4000 м² с двухъярусным оросителем высотой 2,85 м и расстоянием в свету между асбестоцементными щитами 25 мм

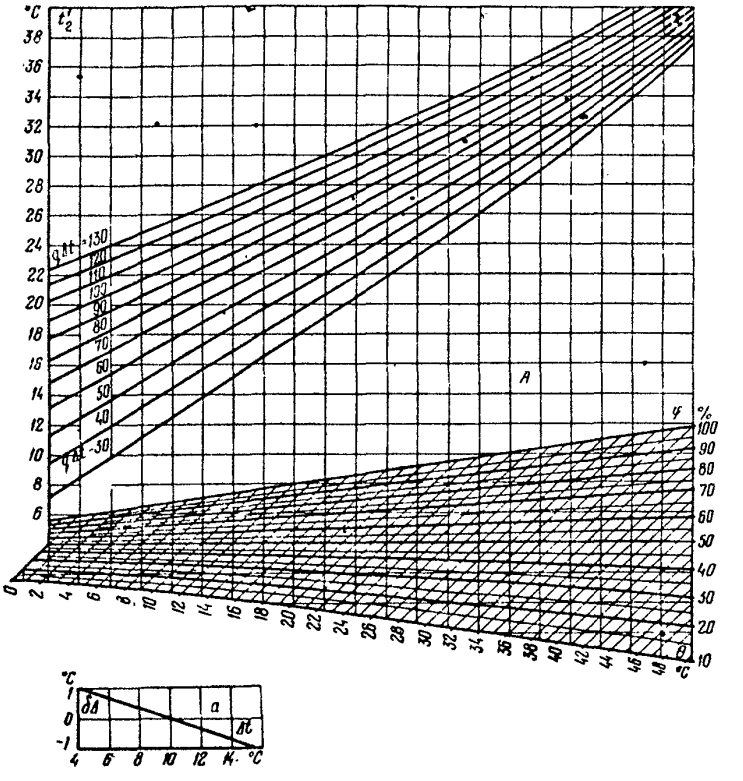


Рис.3. Нормативная характеристика башенной градирни площадью орошения 4000 м² с двухъярусным оросителем высотой 2,52 м (2·1,2+0,12) и расстоянием в свету между асбестоцементными щитами 19 мм

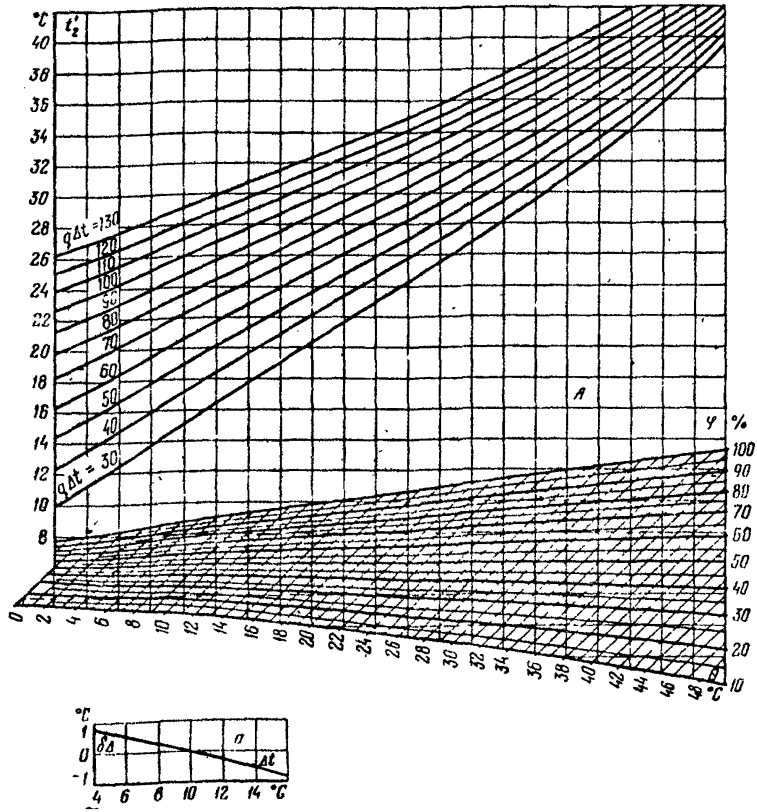


Рис.4. Нормативная характеристика башенной градирни площадью орошения 3200 м² с двухъярусным оросителем высотой 2,65 м (2·I,2+0,25) и расстоянием в свету между асбестоцементными щитами 24 мм с водоуловителем и площадью орошения 1600 м² без водоуловителя при расстоянии в свету между асбестоцементными щитами 32 м и высоте оросителя 2,4 м

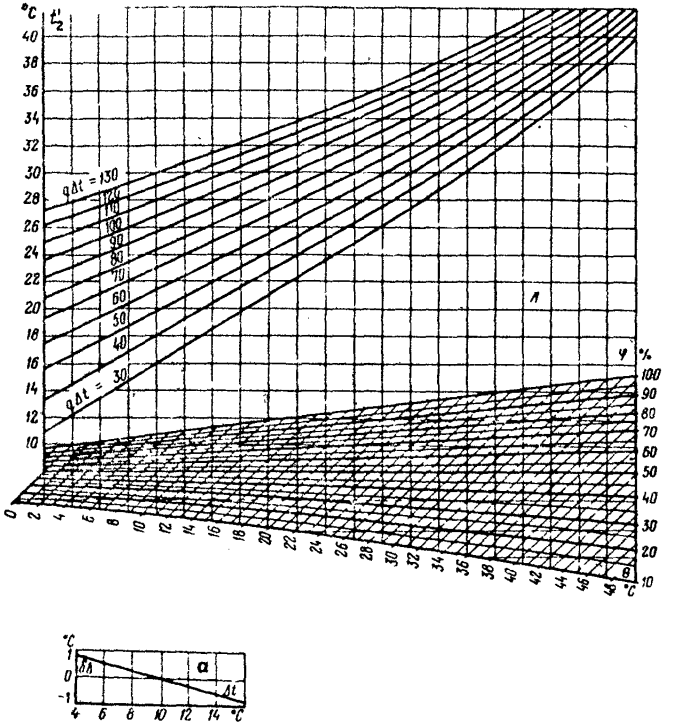


Рис.5. Нормативная характеристика площадью орошения 2100 и 2600 м² с двухъярусным оросителем высотой 2,85 м и расстоянием в свету между асбестоцементными щитами 25 мм

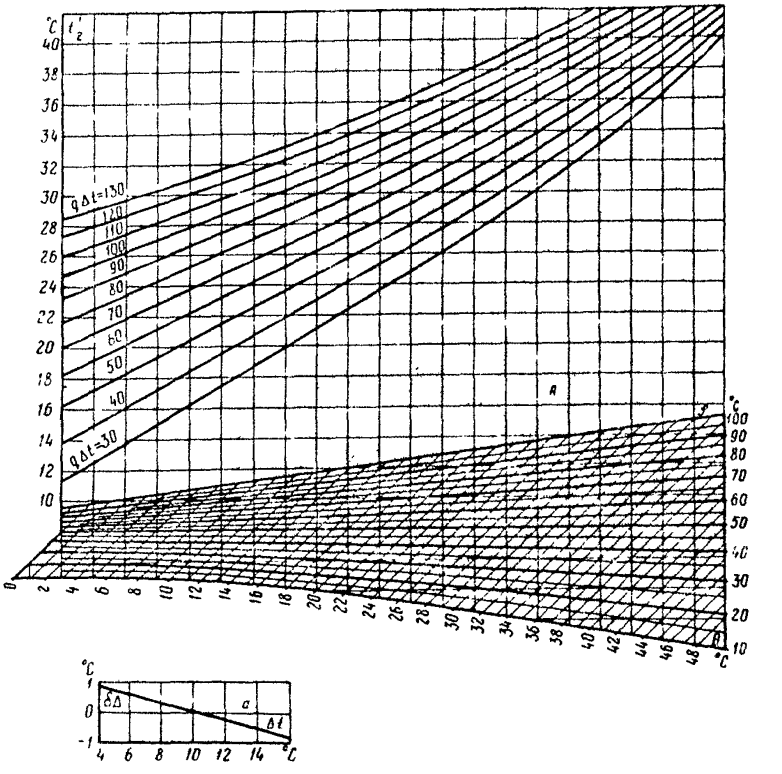


Рис.6. Нормативная характеристика башенной градирни площадью орошения 1600 м² с двухъярусным асбестоцементным оросителем высотой 3,2 м (2·I,2+0,8) и расстоянием в свету между щитами 25 мм, а также других различных градирен согласно табл.I

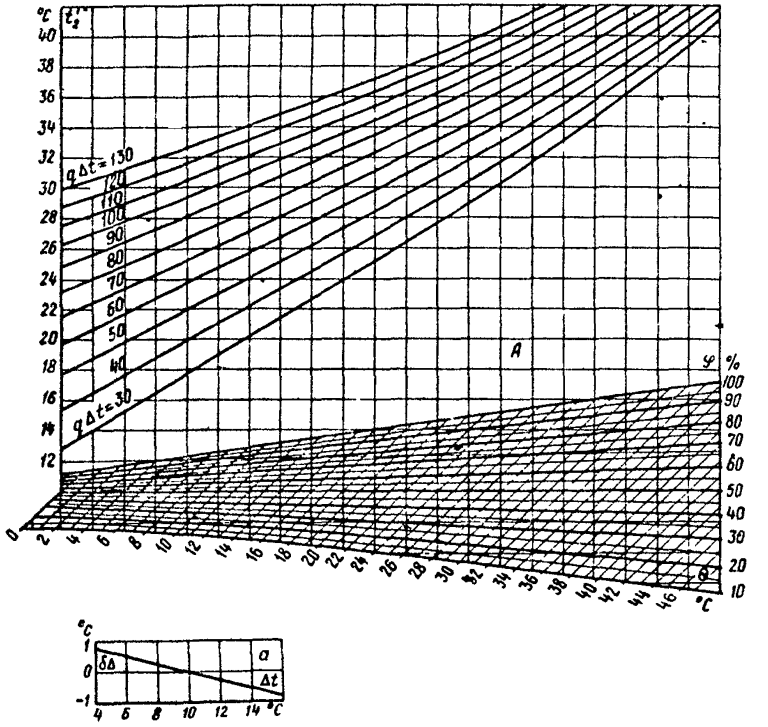


Рис.7. Нормативная характеристика башенной градирни площадью орошения 1600м² с двухъярусным оросителем высотой 2,45 м (2·I,2+0,05) и расстоянием между асбестоцементными щитами 40 мм, а также других различных градирен согласно табл.I

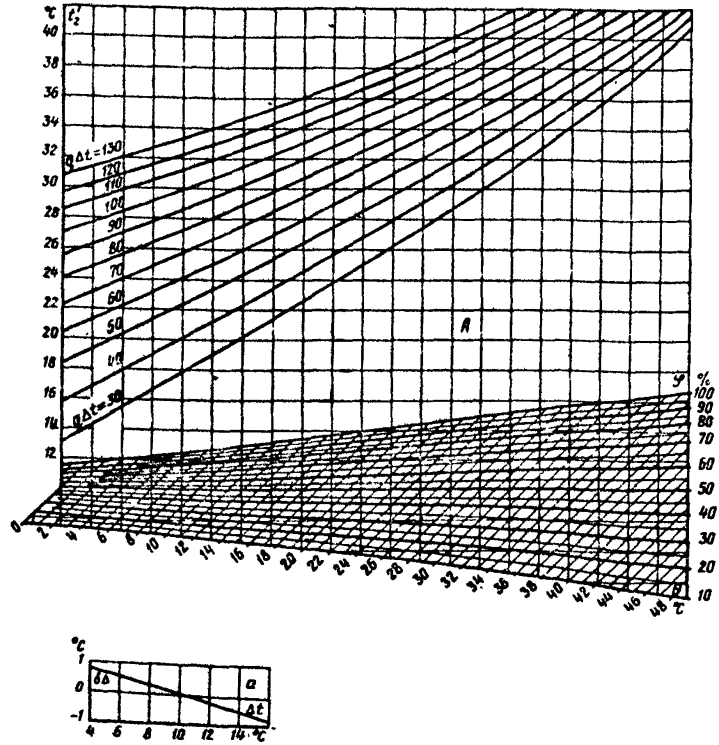


Рис.8. Нормативная характеристика башенной градирни площадью орошения 1600 м^2 с двухъярусным оросителем высотой 2,65 м (2·I,2+0,25) и расстоянием в свету между асбестоцементными щитами 20 мм, а также других различных градирен согласно табл.I

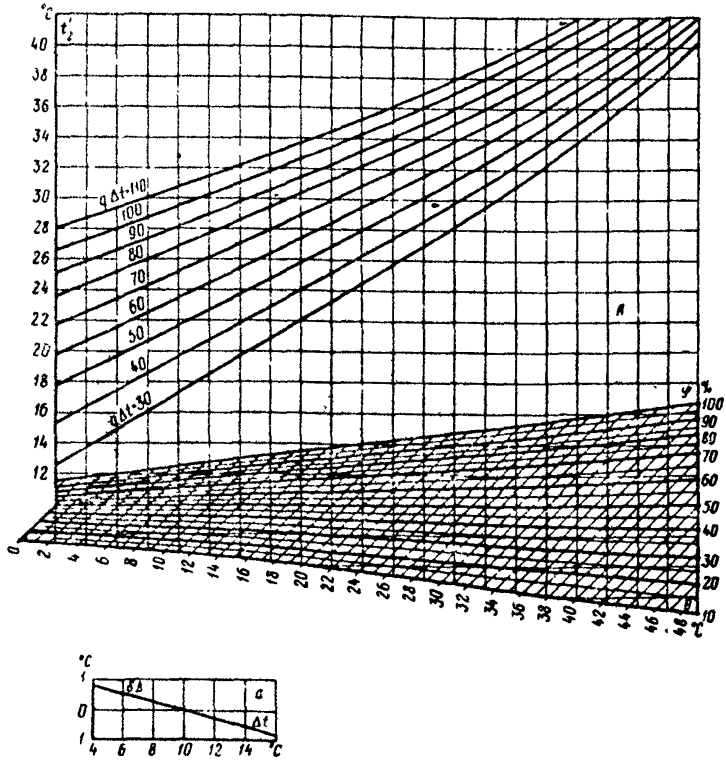


Рис.9. Нормативная характеристика башенной градирни площадью орошения 1200 м² с двухъярусным оросителем высотой 3,2 м (2·1,2+0,8) и расстоянием в свету между асбестоцементными щитами 25 мм и градирни площадью орошения 1200 м² с оросителем типа ПЩ-85-40

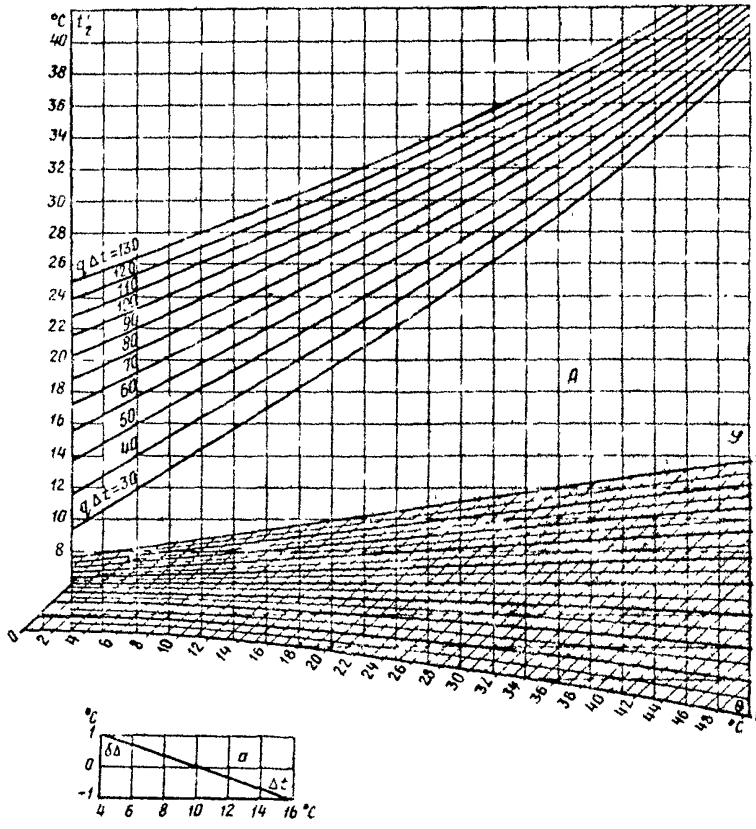


Рис.10. Нормативная характеристика башенной градирни площадью орошения 3200 м² с деревянным одноярусным оросителем высотой 2,85 и расстоянием в свету между щитами 25 мм, а также других различных градирен согласно табл.1

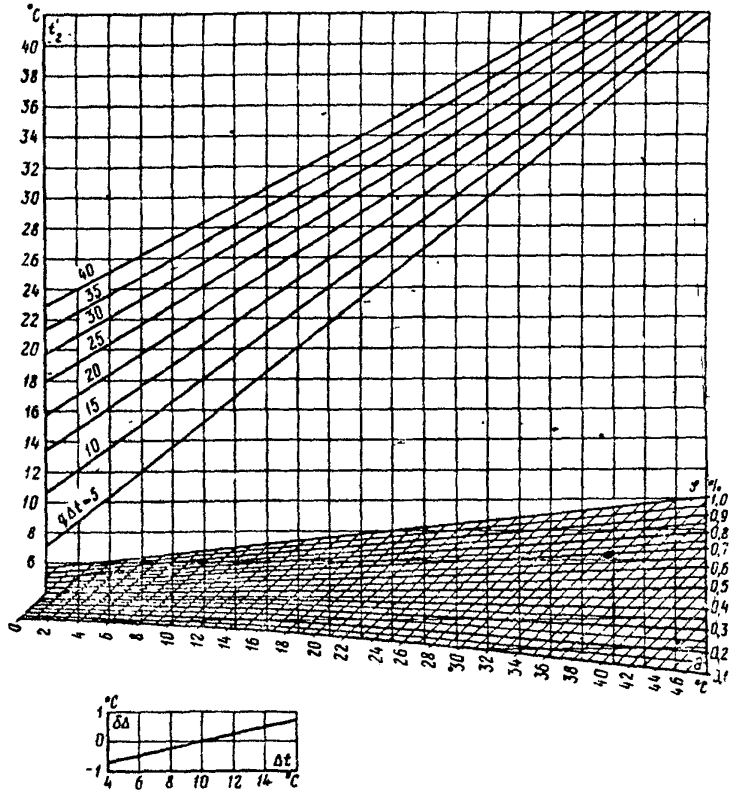


Рис.II. Нормативная характеристика башенной брызгальной градирни площадью орошения 2600 м^2 с соплами типа Б-I0, переоборудованной из градирни площадью орошения I600 м^2 , а также других брызгальных градирен согласно табл.I

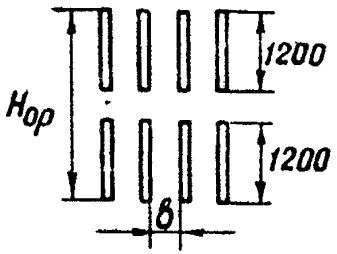
ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАДИРЕН И

Конструкция градирни и тип оросителя	Площадь орошения, $м^2$	Высота, м	
		башни	воздухо-входного окна
Градирни с оросителями из			
Башня гиперболическая, ороситель двухъярусный, водораспределение напорное			
с водоуловителем	4200	I00	5,5
то же	4000	90	5,5
без водоуловителя	4000	90	5,0
с водоуловителем	3200	82	5,0
то же	2I00	64,8	3,8
то же	2600	7I	4,3
Башня каркасная, ороситель двухъярусный			
без водоуловителя	I600	54,I	3,55
то же	I600	54,I	3,55
то же	I600	54,I	3,55
с лотковым водораспределением	I600	54,I	3,55
то же	I200	49,5	3,55

Таблица I

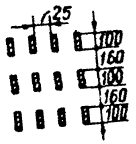
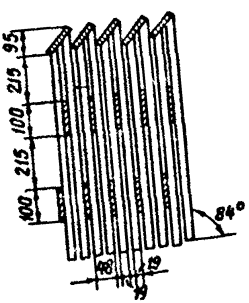
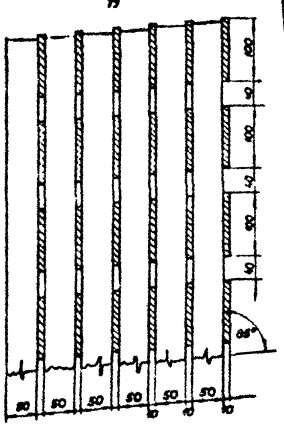
ОРОСИТЕЛИ

асбоцементных щитов

Ороситель: Эскиз	Общая высота $H_{ор}$, м	Расстояние между щитами в свету b, мм	Год выпуска проекта или модернизации	Нормативная характеристика	Поправка на совпадение с натурными данными Δ, °С
	2,85	25	I974	Рис.I	0
	2,85	25	I970	Рис.2	-
	2,52	I9	I970	Рис.3	0
	2,85	25	I970	Рис.4	0
	2,85	25	I970	Рис.5	0
	2,85	25	I970	Рис.5	-0,3
	3,2	25	I963	Рис.6	0
	2,4	32	I972	Рис.4	-0,I
	2,45	40	I975	Рис.7	-0,I
	2,65	20	I963	Рис.8	0
	3,2	25	I963	Рис.9	0

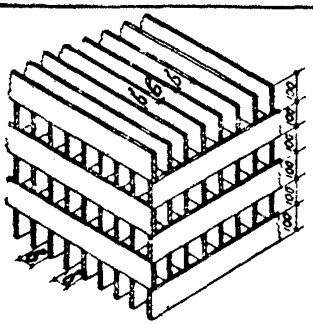
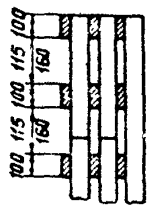
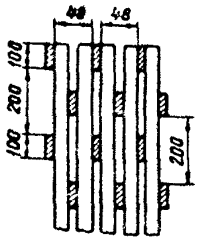
Конструкция градирни и тип оросителя	Площадь орошения, $м^2$	Высота, м	
		башни	воздухо-входного окна
		Градирни с деревянными	
Гиперболическая башня с одноярусным оросителем, водораспределение напорное с водоуловителем	4000	90	5,5
то же	3200	8I	5,0
то же	2I00	64,8	3,8
то же	2600	7I	4,3
Башня каркасная, водораспределение лотковое, без водоуловителя			
ороситель трехъярусный типа КП-84-2I5	2600	65,I5	3,45
ороситель двухъярусный типа ПЩ-85-40	2500	66,45	3,85
ороситель трехъярусный типа ПЩ-85-40	I600	50,2	3,3
то же	I200	48,4	3,3
то же	800	45	3,0
то же	650	40	3,0

Продолжение таблицы I

Ороситель		Расстояние между щитами в свету	Год выпуска проекта или модернизации	Нормативная характеристика.	Поправка на совпадение с натурными данными
Эскиз	Общая высота H_{op}, м	b, мм			Δ, °С
оросителями, мм					
	2,85	25	1970	Рис.10	-0,4
	2,85	25	1970	Рис.10	-
	2,85	25	1970	Рис.10	+0,7
	2,85	25	1970	Рис.10	+0,4
	5,0	48	1963	Рис.8	-0,3
 80 50 50 50

Конструкция градирни и тип оросителя	Площадь орошения, $м^2$	Высота, м	
		башни	воздухо-входного окна
Башня каркасная			
оросительдвухъярусный ячеистый типа ПЯ-50	I200	48,4	3,3
то же типа ПЯ-40	500	40	2,5
то же типа ПЯ-30	I600	50,2	3,3
оросительодноярусный типа КП-90-II5	800	45	3,3
оросительквадратный в плане, одноярусный типа КП-90-I60	I600	53,76	3,3
Башня каркасная			
оросительодноярусный типа КПШ-48-200	I200	48,4	3,3
то же	800	45	3,3
ороситель, выполненный из досок сечением I0x80 мм	630	40	2,I

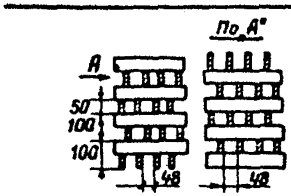
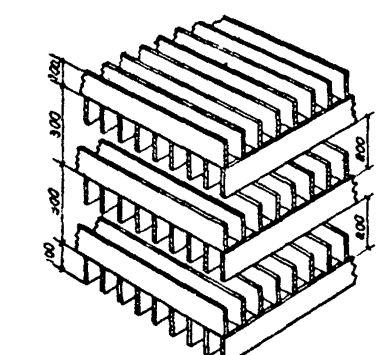
Продолжение таблицы I

Ороситель					
Эскиз	Общая высота H_{op}, м	Расстояние между щитами в свету b, мм	Год пуска проекта или модернизации	Нормативная характеристика	Поправка на совпадение с натурными данными Δ, °С
	2,86	Ячейки 50х50	1961*	Рис.7	-0,7
	2,14	Ячейки 40х40	1964*	Рис.6	+0,4
	2,55	Ячейки 30х30	1963*	Рис.6	0
	2,46	32	1965*	Рис.8	+0,3
	2,44	22	1966*	Рис.8.	0
	2,65	48	1976*	Рис.8	+0,1
	2,4	48	1972*	Рис.6	+0,6
	2,9	48	1965*	Рис.6	-0,1

Конструкция градирни и тип оросителя	Площадь орошения, $м^2$	Высота, м	
		башни	воздухо-входного окна
Башня каркасная, ороситель одноярусный, квадратный в плане, типа ШИ-48, выполненный из досок сечением 10х50 мм	500	40	2,5
Башня гиперболическая железобетонная			
ороситель двухъярусный типа КПЯ-50х32	1520	55,3	3,4
ороситель типа КПЯ-45х29	1520	55,3	3,4
ороситель смешанный: в нижней части капельный, в верхней - типа КП-84-215	1520	55,3	3,4
Брызгальная градирня			
с соплами Б-10	2600	50,2	3,25
с соплами С-6	2400	47,2	3

*Модернизация.

Окончание таблицы I

Ороситель		Расстояние между щитами в свету b, мм	Год выпуска проекта или модернизации	Нормативная характеристика	Поправка на сопоставление с натурными данными Δ, °С
Эскиз	Общая высота H_{op}, м				
	I,6	Ячейки 48х48	I972*	Рис.I0	.+0,3
	3,0	Ячейки 50х32	I964*	Рис.I0	0
	2,6	Ячейки 45х29	I970*	Рис.I0	+0,2
	6,6	–	I952	Рис.6	0
Сопла Б-I0	Панел 4,6	Сопло диаметром 26	I963*	Рис.II	0
Сопла С-6	4,9	Сопло диаметром 40	I953*	Рис.II	0

на, но и для группы других градирен с одинаковой или близкой охлаждающей способностью. Например, из табл.I следует, что нормативная характеристика на рис.8 с незначительными поправками к температуре охлажденной воды от -0,3 до +0,3°С рекомендуется для семи градирен площадью орошения 800-2600 м^2 с оросителями различных конструкций.

В табл.I приведены основные наиболее часто встречающиеся в практике конструкции эксплуатируемых башенных градирен. Для эксплуатируемых градирен площадью орошения 500-4200 м^2, отличающихся по конструкции и типу оросителя от указанных в таблице, нормативная характеристика может быть подобрана из числа приведенных на рис.I-II. Для этого необходимо:

а) привести градирню в исправное состояние [3] ;

б) выполнить испытания градирни согласно [3] и [5] , а также методическим указаниям, приведенным в приложении I;

в) подобрать типовую характеристику, которая дает близкие совпадения температуры охлажденной воды с данными, полученными при натурных испытаниях градирни;

г) с помощью подобранной характеристики проверить охлаждающую способность градирни согласно указаниям приложения I и найти среднее значение поправки на совпадение с натурными данными.

Подобранная типовая характеристика должна содержать следующие краткие сведения о градирне и ее оросителе:

а) конструкция градирни и тип оросителя;

б) площадь орошения градирни, м^2;

в) высота башни и воздуховходного окна, м;

г) высота оросителя, м;

д) расстояние в свету между щитами оросителя, мм;

е) эскиз оросителя;

ж) год выпуска проекта или модернизации градирни;

з) номер рисунка, на котором приведена подобранная характеристика;

и) среднее значение поправки (°С) на совпадение номограммы с натурными данными.

Каждая типовая нормативная характеристика башенной градирни содержит основную номограмму типа A с поправочным графиком a на перепад температур воды. Поправочный график к температуре ох-

лажденной воды на скорость ветра дается общий для всех характеристик (рис.I2).

Основная номограмма A состоит из поля $\theta - \varphi$, серии кривых с постоянными значениями $q\Delta t$ и шкалы искомой температуры охлажденной воды t_2'. Заданными значениями являются: температура воздуха θ, его относительная влажность φ и произведение удельной гидравлической нагрузки градирни на температурный перепад воды $q\Delta t$.

По значению произведение $q\Delta t$ равно удельной тепловой нагрузке градирни:

$$u = \gamma c q \Delta t, \qquad (I)$$

где γ – плотность воды, равная примерно I000 кг/м^3;

c – удельная теплоемкость воды, равна I ккал/(кг·°С).

Приведенные нормативные характеристики башенных градирен построены для температур воздуха выше 0°С, так как в зимнее время года, когда температура воздуха ниже 0°С, градирни работают неустойчиво. Из-за обледенения и прикрытия входных окон щитами увеличивается коэффициент сопротивления градирни и значительно меняются характер и точность нормативной характеристики. Поэтому в зимние месяцы при температуре воздуха ниже 0°С в качестве нормативной принимается фактическая температура охлажденной воды, которая должна поддерживаться на выходе из каждой градирни не ниже I0°С во избежание обледенения и обрушения оросителя (особенно в ночное время). Для предотвращения обледенения оросителя плотность орошения воды в градирнях зимой необходимо устанавливать не ниже 5 м^3/(ч·м^2) и перепад температур не менее I0°С.

2.3. Порядок составления, утверждения и пересмотра нормативных характеристик

Нормативные характеристики гидроохладителей, как и других теплообменных установок электростанций, должны основываться на обобщении результатов их натурных испытаний.

Для гидроохладителей нормативные характеристики могут составлять специализированные организации (ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева, Теплоэлектропроект, Союзтехэнерго и др.). Все типовые про-

екты башенных градирен, выпускаемые после 1966 г., снабжаются номограммами, разработанными на основании лабораторных данных во ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева, которые также могут использоваться в качестве нормативных характеристик при условии их уточнения по результатам натурных исследований и преобразования в форму, удобную для пользования. Персонал электростанций может подобрать для соответствующих градирен нормативную характеристику из числа составленных, согласно указаниям разд.2.2, по табл.I.

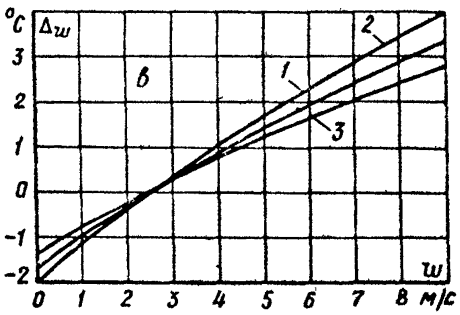


Рис.I2. Кривые поправок на ветер к нормативным характеристикам рис.I-II для градирен площадью орошения:
I - 4000-4200 м^2 и брызгальных 2400-2600 м^2; 2 - I520-3200 м^2; 3 - менее I520 м^2

Устанавливается следующий порядок пересмотра и утверждения нормативных характеристик (номограмм) градирен:

I. На электростанциях индивидуальные нормативные характеристики для каждой градирни выбираются по табл.I, которые после согласования с производственными энергетическими объединениями (ПЭО) утверждаются в Союзтехэнерго или его предприятиях.

2. Пересмотр индивидуальных нормативных характеристик градирен производится в следующих случаях:

а) при модернизации градирни с существенным изменением конструкции и размеров оросительного устройства;

б) при значительном (более чем на $\pm$I,0°С) расхождении характеристик с натурными данными после детальных испытаний градирен, находящихся в исправном состоянии.

2.4. Нормирование показателей работы

Основным нормативным показателем работы башенной градирни за отчетный месяц является среднемесячная температура охлажденной воды. Она определяется по нормативной характеристике в такой последовательности:

а) в зависимости от площади и высоты градирни, геометрических размеров и конструкции оросителя (асбестоцементного или деревянного) по табл.I выбирается одна из основных номограмм типа А и поправка на совпадение с натурными данными;

б) по номограмме A определяется температура охлажденной воды t_2' для заданных температуры воздуха θ, его относительной влажности φ и удельной тепловой нагрузки $q\Delta t$. Ключ номограммы приводится на рис.I;

в) по графику α определяется поправка $\delta\Delta$ на перепад температур воды;

г) по графику β (см.рис.I2) определяется поправка на скорость ветра.

Значения поправок (с соответствующими знаками + или -) суммируются с температурой охлажденной воды, найденной по основной номограмме A. Нормативная температура охлажденной воды составит:

$$t_2^н = t_2' + \Delta_c + \delta_\Delta + \Delta_w . \qquad (2)$$

Ниже приводится численный пример определения нормативной температуры охлажденной воды по нормативной характеристике градирни.

Необходимо определить нормативную температуру охлажденной воды для градирни площадью орошения 2600 м^2 с асбестоцементным оросителем высотой 2,85 м и расстоянием между щитами 25 мм при следующих условий: плотность орошения - 8,5 м^3/ч·м^2); перепад температур воды - 9,2°С; удельная тепловая нагрузка - 78,2 Мкал/(ч·м^2); температура воздуха - 32°С; влажность воздуха - 30%; скорость ветра - 2,8 м/с.

Согласно табл.I, градирне площадью орошения 2600 м^2 соответ-

ствует номограмма рис.5, для которой поправка на совпадение с натурными данными составляет $-0,3^{\circ}C$.

Находим:

- по номограмме *А* рис.5 температуру охлажденной воды $t_2' = 34,7^{\circ}C$;

- по графику *а* поправку на перепад температур воды - $\delta_{\Delta} = +0,1^{\circ}C$;

- по графику *б* рис.12 поправку на скорость ветра - $\Delta_w = +0,2^{\circ}C$.

Нормативное значение температуры охлажденной воды, согласно (2) составит:

$$t_2'' = 34,7 - 0,3 + 0,1 + 0,2 = 34,7^{\circ}C.$$

Таким образом, для определения среднемесячной нормативной температуры охлажденной воды по нормативной характеристике градирни должны быть известны значения среднемесячных метеорологических факторов (температура воздуха, относительная влажность воздуха и скорость ветра) и среднемесячная удельная тепловая нагрузка градирни.

Фактические среднемесячные значения метеорологических факторов необходимо получать с близко расположенных метеостанций.

При отсутствии метеостанции необходимо организовать метеорологический пункт на электростанции согласно указаниям приложения 2.

Среднемесячная удельная тепловая нагрузка градирни определяется по формуле (I) в виде произведения $q\Delta t$, где удельная гидравлическая нагрузка q и перепад температур воды Δt определяются для каждой градирни как среднеарифметические значения из среднесуточных значений q и Δt согласно суточным журналам работы градирни (см.табл.П.6 приложения 2).

Среднемесячная удельная тепловая нагрузка градирни может быть определена и по среднемесячному расходу пара, поступающего в конденсатор паровой турбины, согласно уравнению

$$u = \Delta i_к \frac{D_к}{F_{ор}}, \qquad (3)$$

где

$\Delta i_к = t''_п - c t_к$ – разность теплосодержаний отработавшего пара и конденсата, ккал/кг.

$D_к$ – расход пара в конденсатор турбины, т/ч;

$F_{ор}$ – площадь орошения градирни, м^2.

Для конденсационных турбин типа К значение $\Delta i_к$ следует принимать согласно нормативным характеристикам их конденсаторов [2].

В эксплуатационной практике принимают следующие значения $\Delta i_к$:

550–570 ккал/кг – для конденсаторов современных турбин с промежуточным перегревом пара и параметрами свежего пара 13,0–24,0 МПа (130–240 кгс/см^2) и 565°С;

515–535 ккал/кг – для конденсаторов турбин среднего и высокого давления до 9,0 МПа (90 кгс/см^2).

Среднее значение удельной тепловой нагрузки для нескольких совместно работающих градирен m и турбоагрегатов n составляет

$$u_{ср} = \frac{\sum_1^n (\Delta i_к D_к)}{\sum_1^m F_{ор}} . \qquad (4)$$

Для расчета фактической удельной тепловой нагрузки на градирни должны быть известны фактические расходы пара в конденсаторы турбин и площади орошения работающих градирен. При этом средневзвешенный нагрев воды в конденсаторах принимается равным средневзвешенному перепаду температур воды (°С) в градирнях, который определяется по формуле

$$\Delta t_{св} = \frac{\sum_1^n (\Delta i_к D_к)}{\sum_1^m Q} , \qquad (5)$$

где $\sum_1^m Q$ – суммарный расход циркуляционной воды, охлаждаемой на градирнях и проходящей через конденсаторы турбин, м^3/ч.

2.5. Порядок сопоставления нормативных и фактических показателей работы

На практике фактические показатели работы градирен отличаются от нормативных. Поэтому за каждый прошедший месяц должны

быть подготовлены отчетные фактические показатели их работы. Для примера рассмотрим работу электростанции с четырьмя градирнями. Предположим, что суммарный среднемесячный расход пара по конденсаторам турбин высокого давления с промперегревом составил 851 т/ч ($\Delta i_к$ = 560 ккал/кг), а по конденсаторам турбин среднего давления - 390 т/ч ($\Delta i_к$ = 535 ккал/кг). Циркуляционная вода в количестве 66000 м^3/ч охлаждалась на четырех совместно работающих градирнях суммарной площадью орошения 10400 м^2. Для градирни № 1 площадью орошения 4000 м^2 находим нормативную характеристику на рис.3, № 2 (3200 м^2) на рис.4, № 3 (1600 м^2) на рис.6 и № 4 (1600 м^2) - на рис.8.

По данным ближайшей метеостанции или согласно измерениям на ТЭС, среднемесячные метеорологические факторы составили: температура воздуха 25,2°С; относительная влажность воздуха 42%; скорость ветра на высоте 2 м от земли 3,1 м/с.

По формуле (4) находим среднее по четырем градирням значение среднемесячной удельной тепловой нагрузки:

$$u_{ср} = (q\Delta t)_{ср} = \frac{560 \cdot 851 + 535 \cdot 390}{10400} = 65{,}9 \text{ Мкал/(ч·м}^2\text{)},$$

а по формуле (5) - среднемесячный перепад температур воды (средневзвешенный по четырем градирням):

$$\Delta t_{св.} = \frac{560 \cdot 851 + 535 \cdot 390}{66000} = 10{,}4^{\circ}\text{С}.$$

Предположим, что за истекший месяц по указанным градирням получены фактические среднемесячные показатели, приведенные в табл.2.

Средневзвешенная удельная гидравлическая нагрузка составила:

$$q_{св.} = \frac{66000}{10400} = 6{,}35 \text{ м}^3/(\text{ч·м}^2).$$

Средневзвешенная по площади орошения градирен удельная тепловая нагрузка составила:

$$(q\Delta t)_{св.} = \frac{76{,}4 \cdot 4000 + 60{,}2 \cdot 3200 + 61{,}0 \cdot 1600 + 56{,}2 \cdot 1600}{10400} =$$

$$= 65{,}9 \text{ Мкал/(ч·м}^2\text{)}$$

Таблица 2

Фактические среднемесячные показатели работы градирен

Метеорологические факторы: $\theta = 25,2^{0}C$, $\varphi = 42\%$, $w = 3,1$ м/с.

Показатель	№ и площадь орошения градирни, м²				Средневзвешенные показатели по четырем градирням
	I	2	3	4	
	4000	3200	I600	I600	
Расход воды, подаваемой на градирни, Q м³/ч	23650	I7200	I2670	I2480	$\Sigma Q = 66000$
Плотность орошения q, м³/(ч·м²)	5,92	5,38	7,92	7,8	6,35
Температура поступающей воды, t_1^{ϕ}, °С	4I,I	4I,0	4I,I	4I,I	4I,I
Температура охлажденной воды t_2^{ϕ}, °С	28,2	29,8	33,4	33,9	30,7
Перепад температур Δt, °С	I2,9	II,2	7,7	7,2	I0,4
Удельная тепловая нагрузка, $q\Delta t$ Мкал/(ч·м²)	76,4	60,2	6I,0	56,2	65,9
Температура охлажденной воды по нормативным характеристикам с поправками t_2, °С	28,4	29,8	3I,3	32,4	30,I
Отклонение $(t_2^{\phi} - t_2)$ фактической температуры охлажденной воды от найденной по нормативным характеристикам Δ, °С	-0,2	0	+2,I	+I,5	+0,6

и средневзвешенный перепад температур воды -

$$\Delta t_{св}=\frac{(q\Delta t)_{св}}{q_{св}}=\frac{65,9}{6,35}=10,4^{\circ}C\ ,$$

т.е. средневзвешенные значения удельной тепловой нагрузки и перепада температур воды по градирням совпадают с найденными по паровым нагрузкам конденсаторов.

Для определения охладительного эффекта каждой градирни найдем значения температур охлажденной воды t_2 по нормативным графикам, которые соответствуют фактическим метеорологическим факторам и фактическим режимным условиям. По фактическим значениям θ , φ , $q\Delta t$, Δt и w соответственно для каждой градирни, согласно нормативным характеристикам, находим температуры охлажденной воды с поправками (табл.3).

Таблица 3

Температура охлажденной воды, $^{\circ}C$

Наименование	№ градирни			
	I	2	3	4
Температура охлажденной воды по основным графикам рис.3,4,6 и 8	28,6	29,7	30,7	31,7
Поправка на температурные перепады	-0,5	-0,2	+0,3	+0,4
Поправка на скорость ветра	+0,3	+0,3	+0,3	+0,3
Поправка на совпадения с натурными данными	0	0	0	0
Температура охлажденной воды с поправками	28,4	29,8	31,3	32,4

Зная t_2 и t_2^{φ}, найдем отклонение фактической температуры охлажденной воды от рассчитанного ее значения: $\Delta=t_2^{\varphi}-t_2$.

Таким образом, проанализировав работу градирен, установим, что на градирне № I фактическая температура охлажденной воды ниже нормативной на $0,2^{\circ}C$, а на градирне № 2 - равна нормативной, т.е. $\Delta = 0^{\circ}C$. Следовательно, состояние этих градирен удовлетворительное.

Градирни № 3 и № 4 работают с недоохлаждением воды на 2,I и I,5°С соответственно. Следовательно, требуется детальное обследование состояния этих градирен с целью выявления причин плохой их работы согласно инструкции по эксплуатации градирен [3]. Необходимо также уточнить их охлаждающую способность согласно приложению I, чтобы исключить ошибки в эксплуатационных измерениях.

Таблица 2 является ежемесячной формой отчетности о работе башенных градирен электростанций.

3. ВОДОХРАНИЛИЩА-ОХЛАДИТЕЛИ

3.I. Классификация

3.I.I. Водохранилища-охладители различаются по назначению (используемые только для охлаждения и комплексно для орошения, рыборазведения, отдыха и других целей), размеру площадей, по глубине, проточности и тепловой нагрузке.

3.I.2. В настоящей Методике принята классификация водохранилищ-охладителей, рекомендуемая ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева, - по форме и схеме расположения водовыпускных и водозаборных сооружений [7]:

I. Водохранилища вытянутые узкие (рис.I3), $B/L < 0{,}2$ (B, L , - соответственно ширина и длина водохранилища, км).

Схема *а* . С продольным движением потока. Водовыпускное и водозаборное сооружения расположены в противоположных концах водохранилища.

Схема *б* . С продольным движением потока в одной части и тупиковой зоной в другой. Водовыпускное и водозаборное сооружения расположены так, что транзитная зона занимает часть площади водоема.

Схема *в* . С продольным движением потока. Водовыпускные сооружения расположены в противоположных концах водохранилища, а водозаборное - в средней части.

2. Водохранилища вытянутые широкие, $0{,}2 < B/L < 0{,}5$ (рис.I4).

Схема *а* . С продольным движением потока по всей длине. Водовыпускное и водозаборное сооружения расположены в противоположных концах водохранилища.

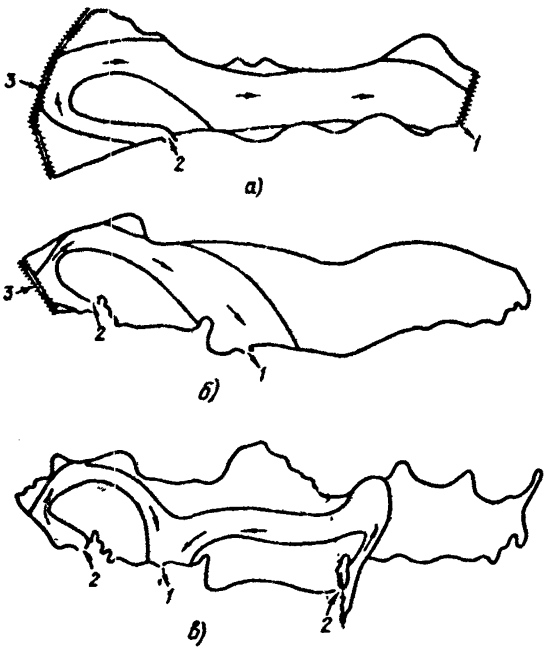


Рис.I3. Схемы расположения (*а* , *б* , *в*) водозаборных и водовыпускных сооружений на вытянутых узких водохранилищах:

I – водозаборное сооружение; 2 – водовыпускное сооружение; 3 – плотина

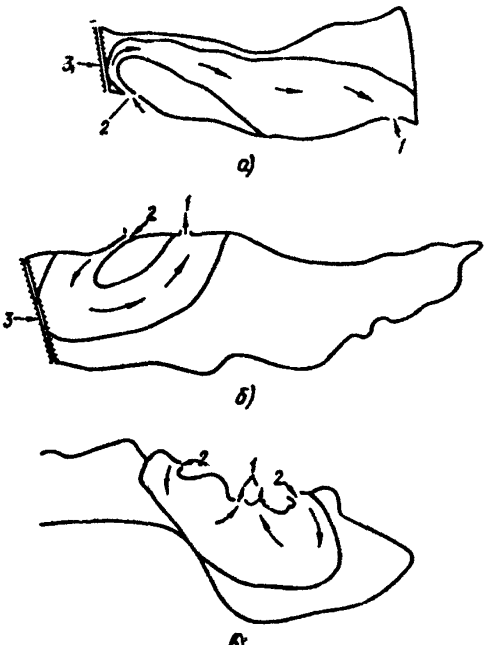


Рис.I4. Схемы расположения (*а* , *б* , *в*) водозаборных и водовыпускных сооружений на вытянутых широких водохранилищах:

I – водозаборное сооружение; 2 – водовыпускное сооружение; 3 – плотина

Схема *б* . С продольным или круговым движением потока в одной части и тупиковой зоной в другой. Водовыпускное и водозаборное сооружения расположены в средней части водохранилища.

Схема *в* . С продольным движением потока. Водовыпускные сооружения располагаются в противоположных концах водохранилища, а водозаборное - в средней части.

3. Водохранилища округлые (правильной или неправильной формы), $0{,}5 < BL < I$ (рис.I5).

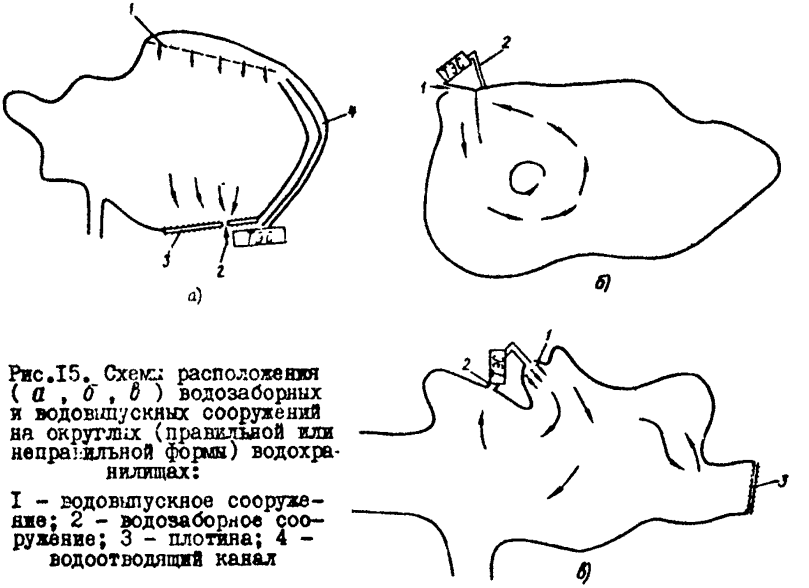


Рис.I5. Схемы расположения (*а* , *б* , *в*) водозаборных и водовыпускных сооружений на округлых (правильной или неправильной формы) водохранилищах:

I - водовыпускное сооружение; 2 - водозаборное сооружение; 3 - плотина; 4 - водоотводящий канал

Схема *а* . С поперечным движением потока. Водовыпускное и водозаборное сооружения расположены на противоположных берегах.

Схема *б* . С круговым движением потока, формируемым струенаправляющими дамбами или сооружениями. Водовыпускные и водозаборные сооружения примыкают к ТЭС.

Схема *в* . С круговым движением потока и тупиковыми зонами. Водовыпускное и водозаборное сооружения расположены вблизи ТЭС.

4. Водохранилища искусственные наливные, $0,2 < \frac{B}{L} < 0,5$ (рис.I6).

Схемы *а* , *б* . Вытянутое широкое с продольным движением потока. Водовыпускное и водозаборное сооружения расположены на противоположных концах.

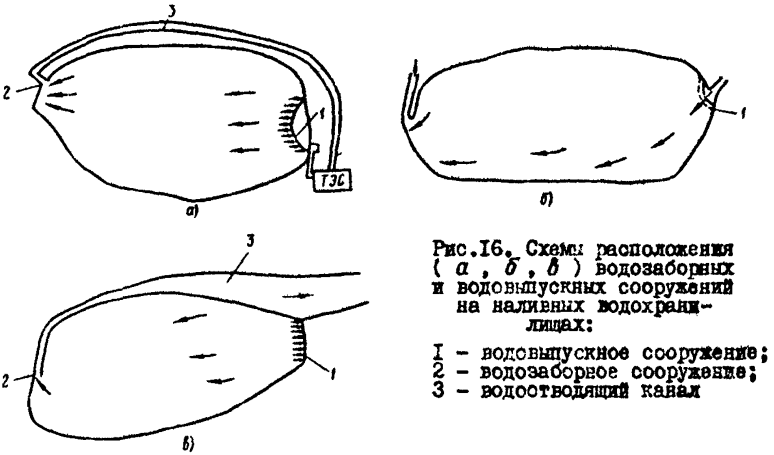


Рис.I6. Схемы расположения (*а* , *б* , *в*) водозаборных и водовыпускных сооружений на наливных водохранилищах:

I - водовыпускное сооружение;
2 - водозаборное сооружение;
3 - водоотводящий канал

Схема *в* . Вытянутое , симметрично расширяющееся.

3.2. Нормативные характеристики

3.2.I. Нормативные характеристики составлены на основании натурных гидротермических испытаний водохранилищ-охладителей ТЭС, выполненных ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева, Теплоэлектропроектом и Южтехэнерго.

3.2.2. Нормативные характеристики составлены для электростанций, использующих в системах технического водоснабжения водохранилища-охладители.

Для каждой схемы циркуляции в водохранилищах-охладителях приведены коэффициенты эффективности (табл.4), а также коэффициенты эффективности при неблагоприятном ветре; в табл.5 - площади водного зеркала водохранилищ-охладителей ТЭС, расположенных на водотоках и водоемах.

Таблица 4

Коэффициент эффективности $K_{эф}$ водохранилищ-охладителей

Схема по рисунку	Схема водохранилища-охладителя	$K_{эф}$	$K_{эф}$ при неблагоприятном ветре
Рис.I3	Вытянутое узкое, $B/L < 0,2$		
а	С продольным движением потока. Водовыпускное и водозаборное сооружения расположены в противоположных концах водохранилища	0,8	0,7
б	С продольным движением потока в одной части и тупиковой зоной в другой. Водовыпускное и водозаборное сооружения расположены так, что транзитная зона занимает часть площади водоема	0,7	0,5
в	С продольным движением потока. Водовыпускные сооружения расположены в противоположных концах водохранилища, водозаборное - в средней части	0,8	0,7
Рис.I4	Вытянутое широкое, $0,2 < B/L < 0,5$		
а	С продольным движением потока по всей длине. Водовыпускное и водозаборное сооружения расположены в противоположных концах водохранилища	0,7	0,6
б	С продольным или круговым движением потока в одной части и тупиковой зоной в другой. Водовыпускное и водозаборное сооружения расположены в средней части водохранилища	0,6	0,5
в	С продольным движением потока. Водовыпускные сооружения расположены в противоположных концах водохранилища, а водозаборное - в средней части	0,65	0,5
Рис.I5.	Водохранилище округлое (правильной или неправильной формы) $0,5 < B/L < I$		
а	С поперечным движением потока. Водовыпускное и водозаборное сооружения расположены на противоположных берегах	0,75	0,55
б	С круговым движением потока, формируемым струенаправляющими дамбами или сооружениями. Водовыпускные и водозаборные сооружения прилегают к ТЭС	0,85	0,7

Окончание таблицы 4

Схема по рисунку	Схема водохранилища-охладителя	$K_{эф}$	$K_{эф}$ при неблагоприятном ветре
в	С круговым движением потока и тупиковыми зонами. Водовыпускное и водозаборное сооружения расположены вблизи ТЭС	0,8	0,6
Рис.I6	Искусственные наливные, $0,2 < B/L < 0,5$		
а, б	Вытянутое широкое с продольным движением потока. Водовыпускное и водозаборное сооружения расположены на противоположных концах водохранилища	0,8	0,7

Таблица 5

Площади водного зеркала водохранилищ-охладителей, расположенных на водотоках и водоемах

Электростанция	Используемый водоток, водоем	Площадь, км^2
Аркагалинская ГРЭС	р.Мяундджа	I,I
Барабинская ГРЭС:	Наливные с подпиткой	
водохранилище № I	из р.Оби	I,0
водохранилище № 2		I,0
Беловская ГРЭС	р.Иня	I3,6
Белоярская ГРЭС	р.Пышма	38,8
Березовская ГРЭС	оз.Белое с подпиткой из оз.Черного	5,05
Бурштынская ГРЭС	р.Гнилая Липа	I2,6
Верхне-Тагильская ГРЭС-2	р.Тагил	4,2
Ворошиловградская ГРЭС:	Наливные с подпиткой	
водохранилище № I	из р.Северного Донца	2,I5
водохранилище № 2		0,85
водохранилище № 3		3,55

Продолжение таблицы 5

Электростанция	Используемый водоток, водоем	Площадь, км^2
Горьковская ГРЭС	Подпитка из р.Волги	I,65
Добротворская ГРЭС	р.Западный Буг	6,96
Заинская ГРЭС	р.Степной Зай	2I,3
Змиевская ГРЭС	оз.Лиман	I2,5
Зуевская ТЭЦ	р.Крынка	I,2
Ириклинская ГРЭС	р.Урал	260,0
Ивановская ГРЭС	Мидовское водохранилище, р.Ухтохма	I,32
Ингатская ГРЭС	р.Берш	23,4
Кармановская ГРЭС	р.Буй	35,5
Криворожская ГРЭС-2	Наливное водохранилище с подпиткой из р.Тромн	I,2
Кураховская ГРЭС	р.Волчья	I5,2
Курганская ТЭЦ	оз.Черное-Орлово	8,0
Кузнецкая ТЭЦ	Наливное водохранилище с подпиткой из р.Томи	I,2
Казанская ТЭЦ-I	оз.Кабан	I,2
Ладыжинская ГРЭС	р.Южный Буг	20;8
Литовская ГРЭС	р.Стрева	I2,6
Лукомльская ГРЭС	оз.Лукомль	36,7
Мироновская ГРЭС	р.Луганъ	4,76
Молдавская ГРЭС	Кучурганский лиман с подпиткой из р.Турунчука	27,3
Новомосковская ГРЭС	р.Любовка	2,8
НесветайГРЭС	Вербинское водохранилище, р.Кундрючья	2,29
Нижне-Туринская ГРЭС	р.Тура	I2,9
Приморская ГРЭС	р.Контровод	8,25
Прибалтийская ГРЭС	Водохранилище Нарвское	I9I,0
Рефтинская ГРЭС	р.Рефт	25,3
Райчихинская ТЭЦ	р.Кивда	3,4
Петропавловская ТЭЦ-2	оз.Белое	9,75
Славянская ГРЭС: водохранилище № I	Наливные водохранилища с подпиткой из р.Северного Донца	4,7

Окончание таблицы 5

Электростанция	Используемый водоток, водоем	Площадь, км^2
водохранилище № 2		I,65
Сургутская ГРЭС	р.Черная	II,4
Старобешевская ГРЭС	р.Кальмиус	8,95
Сучанская ГРЭС	руч.Лозовой	0,8I5
Средне-Уральская ГРЭС	оз.Исетинское	25,2
Ставропольская ГРЭС	Ново-Троицкое водохранилище, р.Егорлык	I3,0
Троицкая ГРЭС	р.Уй	I0,80
Черепетская ГРЭС	р.Черепеть	8,I8
Читинская ГРЭС	оз.Кемон	I5,3
Шатурская ГРЭС	оз.Муромское	4,7I
	оз.Белое	
	оз.Святое	
	оз.Черное	
Штеровская ГРЭС	р.Миус (два водохранилища)	I,00
Шекинская ГРЭС	р.Уна	5,86
Рязанская ГРЭС	р.Проня	I7,58
Южно-Уральская ГРЭС	р.Пышма	38,80
Аркагалинская ТЭЦ	оз.Улагач	I3,60
Норильская ТЭЦ-I	оз.Долгое с подпиткой из р.Норилки	I,I2

3.2.3. Расчет температуры охлажденной воды ведется по номограмме рис.I7 в зависимости от удельной площади активной зоны $\omega_{уд}$, перепада температур Δt – скорости ветра w и естественной температуры воды t_e.

3.2.4. Номограмма для теплового расчета водохранилищ-охладителей составлена для удельной площади активной зоны в пределах 0–2,5 м^2/(м^3·сут); естественной температуры – 0 – 30°С; скорости ветра – 0–4 м/с; перепада температур – 5–I5°С.

3.2.5. По отношению ширины к длине водохранилища (B/L) и расположению водозаборных и водовыпускных сооружений определя-

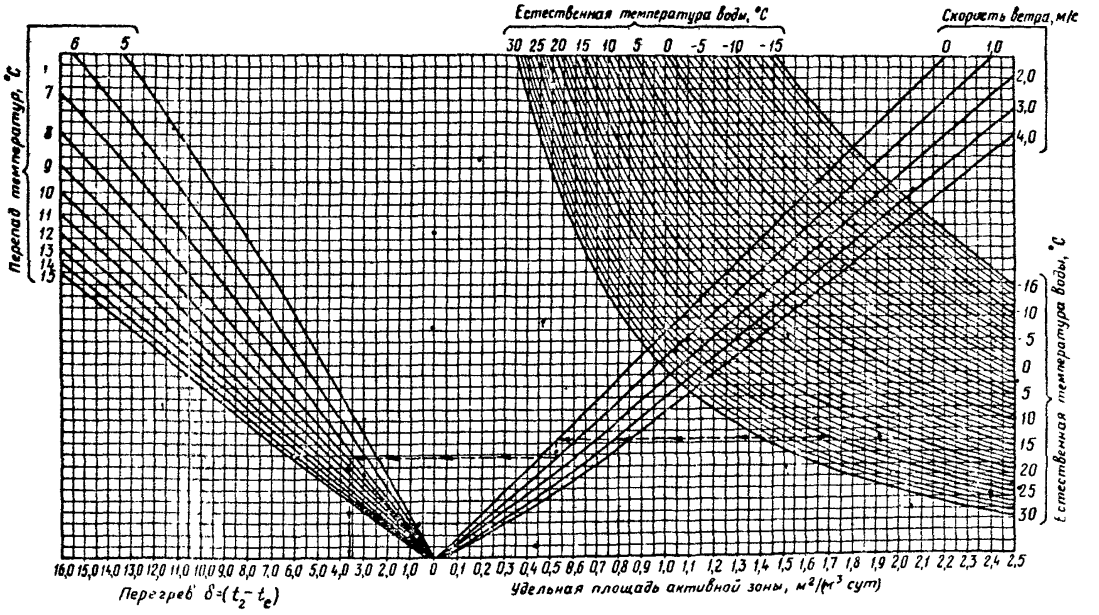


Рис.17. Номограмма для теплового расчета водохранилищ-охладителей

Примечание. Порядок расчета:

$$\omega_{уд} \longrightarrow t_e \longrightarrow (\omega = 0) \longrightarrow \omega \longrightarrow \Delta t \longrightarrow \delta$$

$$t_2 = t_e - \delta$$

ется схема циркуляции, к которой относится водохранилище-охладитель, а из табл.4 выбирается коэффициент эффективности. Умножением общей площади водохранилища-охладителя на коэффициент эффективности определяется площадь активной зоны.

3.2.6. Удельная площадь активной зоны определяется из выражения

$$\omega_{уд} = \frac{\Omega_{акт}}{Q}, \qquad (6)$$

где $\Omega_{акт}$ - площадь активной зоны, $м^2$;

Q - общий циркуляционный расход на водохранилище, $м^3/сут$.

3.2.7. По удельной площади активной зоны, скорости ветра на высоте 2 м над поверхностью водоема, естественной температуре и перепаду температур по номограмме определяется перегрев $\delta = t_2 - t_e$, отсюда температура охлажденной воды

$$t_2 = t_e + \delta. \qquad (7)$$

3.2.8. Приведем пример определения температуры охлажденной воды для электростанции мощностью 900 МВт, использующей в качестве охладителя водохранилище со следующими характеристиками: общая площадь $5{,}05 \cdot 10^6$ $м^2$, коэффициент эффективности 0,8. Активная площадь составит

$$\Omega_{акт} = \Omega_{общ} K_{эф} = 5{,}05 \times 10^6 \times 0{,}8 = 4{,}04 \times 10^6.$$

По общему циркуляционному расходу ($Q = 2{,}96 \times 10^6$ $м^3/сут$) и площади активной зоны определим удельную площадь активной зоны по выражению (6):

$$\omega_{уд} = \frac{4{,}04 \times 10^6}{2{,}96 \times 10^6} = 1{,}36 \ м^2/(м^3 \cdot сут).$$

По известным значениям $\omega_{уд} = 1{,}36$ $м^2/(м^3 \cdot сут)$, $t_e = 13^\circ C$, $w = 3{,}5$ м/с и $\Delta t = 8{,}4^\circ C$ определяем $\delta = 6{,}7^\circ C$. Отсюда, согласно (7), температура охлажденной воды $t_2 = 13{,}0 + 6{,}7 = 19{,}7^\circ C$.

3.3. Порядок составления, утверждения и пересмотра нормативных характеристик

3.3.1. Нормативные характеристики составляются на основании натурных испытаний водохранилища-охладителя, выполняемых специ-

ализированными организациями (ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева, Теплоэлектропроектом, Южтехэнерго и т.д.).

3.3.2. Испытания водохранилищ-охладителей действующих электростанций выполняются при установленной мощности ТЭС для установившегося режима. В результате испытаний определяется активная площадь и коэффициент эффективности водохранилища-охладителя.

3.3.3. Нормативные характеристики водохранилищ-охладителей утверждаются в соответствии с положениями п.2.3.

3.3.4. Нормативные характеристики пересматриваются при увеличении или уменьшении установленной мощности ТЭС, больших нарушениях в работе гидротехнических сооружений водохранилищ-охладителей в результате их разрушений, размывов, строительства новых гидротехнических сооружений, при установлении существенного расхождения характеристик с натурными данными (более чем на $\pm 1^{\circ}C$).

3.4. Нормирование показателей работы

3.4.1. Основным показателем работы водохранилищ-охладителей при определенных метеорологических факторах (скорости ветра на высоте 2 м над поверхностью водоема, естественной температуре воды) при заданных условиях (температурном перепаде, расходе циркуляционной воды) является температура охлажденной воды.

3.4.2. Для нормирования температуры охлажденной воды (среднемесячной) при отсутствии на ТЭС метеорологического поста используются стандартные метеорологические наблюдения, осредненные за месячный период, ближайшей метеостанции с наиболее длинным рядом наблюдений, местоположение, защищенность и тип флюгера которой не менялись в течение не менее 15-20 лет.

3.4.3. Для получения среднемесячной скорости ветра над водохранилищем используются наблюдения по флюгеру ближайшей метеостанции.

3.4.4. Для построения графиков зависимости скорости ветра на водоеме от скорости ветра на метеостанции необходимо провести на водохранилище не менее 100 измерений при разных скоростях ветра.

3.4.5. Скорость ветра над водохранилищем на высоте 2 м от поверхности воды составит $w = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot w_{ф}$, (8)

где K_1 – коэффициент, учитывающий степень защищенности метеостанции на суше, принимаемый по табл.6;

K_2 – коэффициент, учитывающий характер рельефа в пункте наблюдений, принимаемый по табл.7;

K_3 – коэффициент, учитывающий длину разгона воздушного потока над водоемом при различной его защищенности, принимаемый по табл.8. Длина разгона принимается равной средней длине водохранилища по схеме (см.табл.4).

Таблица 6

Защищенность метеостанции

Местоположение (степень защищенности)	K_1
В лесу или большом городе (лесная зона). Флюгер на уровне верхушек деревьев или строений	2,4
То же, флюгер выше окружающих препятствий	2,2
На окраине города или большого селения (отдельные строения или деревья выше флюгера)	2,0
В селении, в саду или на окраине города (строения и деревья ниже флюгера)	I,8
На открытой ровной площадке (ближайшее препятствие – деревья, дома, возвышенности – на расстоянии 20–30-кратной высоты флюгера)	I,5
Поле, луг, аэродром (с одной стороны на расстоянии 200–500 м лес или строения города, большого селения)	I,3
В городе или большом селении (безлесные районы). Флюгер на уровне верхушек деревьев или жилых домов	I,5
То же, флюгер выше окружающих препятствий.	I,3
В степи или на окраине большого селения (отдельные дома или строения с одной стороны, на расстоянии 100–200 м). Флюгер доминирует над местностью	I,0
На берегу морских заливов, озер и больших рек (берег облесен или застроен домами, многие из которых выше флюгера)	I,3
То же, берег открытый (станция на расстоянии 200–300 м от уреза, на расстоянии 100–200 м – лес или строения)	I,I
На совершенно открытом берегу	0,9
На оконечности выдающегося в водоем открытого мыса	0,8

Таблица 7

Рельеф в пункте наблюдений на водохранилище-охладителе

Характеристика рельефа	K_2
Вершина крутого холма	0,75
Вершина пологого холма или верхняя часть склона	0,9
Равнина, широкая долина	I,0
Нижняя часть склона, дно нешироких и неглубоких долин, котловин, лощин	I,I
Дно глубоких долин, котловин, лощин	I,3

Таблица 8

Длина разгона воздушного потока над водоемом при различной защищенности

Растительность на берегах водоема	Средняя высота, м	Коэффициент длины разгона при средней длине разгона воздушного потока, км								
		0,05	0,I	0,2	0,5	I	2	3	5	I0
Трава	0,I	0,97	0,93	0,99	I,00	I,0	I,0	I,0	I,0	I,0
Кустарник	5,0	0,40	0,55	0,70	0,85	0,95	0,95	I,0	I;0	I,0
Лес	20,0	0,I5	0,25	0,40	0,60	0,75	0,85	0,90	0,95	I,0

3.4.6. При отсутствии наблюдений на метеостанции за естественной температурой воды t_e она определяется по температуре воздуха θ по графику рис.I8 [8].

3.4.7. Определив нормативную характеристику водохранилища, площадь активной зоны и среднемесячный циркуляционный расход электростанции, находим удельную активную площадь по выражению (6).

3.4.8. По величинам $\omega_{уд}$, t_e, w и среднемесячному перепаду температур в конденсаторах электростанции Δt по номограмме I7 определим перегрев δ, а по формуле (7) - искомую температуру охлажденной воды, которая и является нормативной.

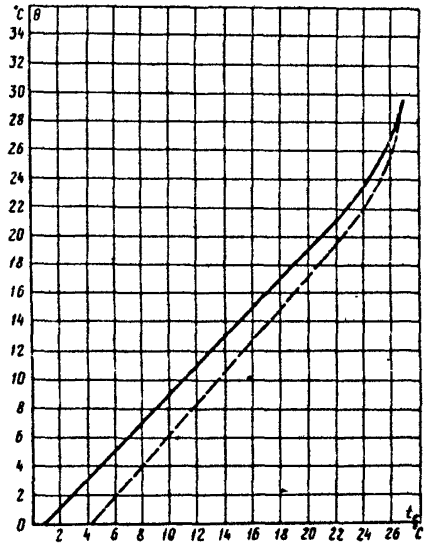


Рис.I8. Зависимость естественной температуры воды t_e от температуры воздуха θ :

———— при нарастании — — — — при уменьшении

3.5. Порядок сопоставления нормативных и фактических показателей работы

3.5.I. Продолжительность цикла измерений определяется по формуле

$$Ц = h \frac{\Omega_{общ}}{\theta}, \qquad (9)$$

где h - глубина водохранилища, м;

$\Omega_{общ}$ - общая площадь водохранилища, $м^2$;

θ - циркуляционный расход, $м^3$/сут.

Если значение $\frac{Q_{общ}}{\bar{Q}}$ изменяется от I до 5 м²·сут/м³ и h в среднем составляет 5 м, продолжительность цикла измерений составит $25 > Ц > 5$ сут. Для надежности измерений $Ц$ принимается равным I кал.мес; кроме того, в расчетах используются данные стандартных метеорологических наблюдений, осредненные за месячный период.

В этот период измеряются температуры охлажденной воды, поступающей из водохранилища, перепад температур и расход циркуляционной воды, а также скорость ветра на высоте 2 м, влажность воздуха и естественная температура воды.

3.5.2. Среднемесячный перепад температур в конденсаторах ТЭС вычисляется по формуле

$$\Delta t_{мес} = \frac{\Delta \bar{t}_1 + \Delta \bar{t}_2 + \ldots + \Delta \bar{t}_M}{M}, \qquad (10)$$

где M – число суток в данном месяце;

$\Delta \bar{t}_1, \Delta \bar{t}_2, \Delta \bar{t}_M$ – среднесуточный перепад температур в конденсаторах по всей ТЭС, определяемый по формуле

$$\Delta \bar{t}_N = \frac{\bar{Q}_1 \Delta \bar{t}_1 + \bar{Q}_2 \Delta \bar{t}_2 + \ldots + \bar{Q}_n \Delta \bar{t}_n}{\Sigma \bar{Q}}, \qquad (11)$$

где $\bar{Q}_1, \bar{Q}_2 \ldots \bar{Q}_n$ – среднесуточные расходы воды в конденсаторах I,2 ... n,

$\Sigma \bar{Q}$ – общий среднесуточный циркуляционный расход;

Δt_n – среднесуточный перепад температур каждого конденсатора, определяемый ежечасно по показаниям термометров до и после конденсаторов, равный

$$\Delta \bar{t}_n = \frac{\Delta \bar{t}_1 + \Delta \bar{t}_2 + \ldots + \Delta \bar{t}_{24}}{24}. \qquad (12)$$

3.5.3. Циркуляционные расходы охлаждающей воды на конденсаторы определяются с помощью сегментных диафрагм. Среднесуточные расходы для всей электростанции определяются по формуле

$$\sum^{n} \bar{Q} = \bar{Q}_1 + \bar{Q}_2 + \ldots + \bar{Q}_n, \qquad (13)$$

где $\bar{Q}_1, \bar{Q}_2 \ldots \bar{Q}_n$ - среднесуточный расход воды для каждого конденсатора.

Среднемесячное значение циркуляционного расхода определяется как

$$\sum_1^M \bar{Q}_{мес} = \frac{\sum_1^n \bar{Q}_1 + \sum_1^n \bar{Q}_2 + \ldots + \sum_1^n \bar{Q}_M}{M}, \qquad (14)$$

где n - количество конденсаторов;

M - число суток в месяце.

3.5.4. Среднесуточная температура воды на входе в каждый конденсатор определяется как

$$\bar{t}_{2i} = \frac{\bar{t}_{2i1} + \bar{t}_{2i2} + \ldots + \bar{t}_{2i24}}{24}, \qquad (15)$$

где $\bar{t}_{2i1} \ldots \bar{t}_{2i24}$ - измеренная температура воды в 1,2,3... 24 ч.

Среднесуточная температура охлажденной воды для электростанции определяется по формуле

$$\bar{t}_{2i\,сут} = \frac{\bar{t}_{2i1} + \bar{t}_{2i2} + \ldots + \bar{t}_{2in}}{n}, \qquad (16)$$

где n - количество конденсаторов.

Среднемесячная температура охлажденной воды, поступающей на ТЭС, равна

$$\bar{t}_{2мес} = \frac{\bar{t}_{2сут1} + \bar{t}_{2сут2} + \ldots + \bar{t}_{2сут\,M}}{M}, \qquad (17)$$

где M - число дней в месяце.

3.5.5. Среднемесячные данные циркуляционного расхода $\sum_1^M Q_{мес}$, перепада температур Δt, температуры охлажденной воды $t_{2\,мес}$, а также среднемесячные данные скорости ветра на высоте 2 м над водной поверхностью w, температуры воздуха θ и естественной температуры воды t_e заносятся в табл.9.

3.5.6. По среднемесячному циркуляционному расходу $\sum_1^M \bar{Q}_{мес}$ и коэффициенту эффективности водохранилища-охладителя определяется общая и удельная площадь активной зоны.

$$\omega_{уд} = \frac{\sum_1^M Q_{мес}}{\Omega_{акт}}.$$

Таблица 9

Среднемесячные показатели работы
водохранилища-охладителя
_____ ГРЭС
за _____ месяц 19___ г.
Площадь активной зоны водохранилища $\Omega_{акт}$ = _____ м^2

Месяц, год	Циркуляционный расход Q, м^3/сут	Перепад температур Δt °С	Скорость ветра, w м/с	Температура воздуха $t_в$, °С	Естественная температура воды t_e, °С	Удельная площадь активной зоны ω, м^2/(м^3·сут)	Скорректированная температура охлажденной воды t_2, °С	Фактическая температура охлажденной воды $t_2^ф$, °С	Разность температур $\Delta = t_2 - t_2^ф$, °С

3.5.7. По известным $\omega_{уд}$, t_e, w и $\Delta\bar{t}_{мес}$ определяем скорректированную температуру охлажденной воды t_2, используя номограмму рис.17.

3.5.8. Скорректированная температура охлажденной воды сравнивается с наблюденной среднемесячной температурой охлажденной воды. Их несовпадение (если оно есть) объясняется неустановившимся тепловым режимом водохранилища-охладителя, нестабильностью тепловых и гидравлических нагрузок, нарушениями в работе гидротехнических сооружений водохранилищ-охладителей.

3.5.9. Таблица 9 является ежемесячной формой отчетности, кроме ноября, декабря, января, февраля и марта, когда, согласно ПТЭ, на водозаборных сооружениях поддерживается температура воды не ниже 5°С.

3.5.10. Задачи эксплуатационного персонала по контролю за показателями работы водохранилища охладителя и рекомендации по его организации приведены в приложениях 3 и 4.

Приложение I

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕРКЕ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГРАДИРЕН

I. Для проверки охлаждающей способности градирни следует провести ее эксплуатационные испытания. Для этого в процессе наблюдений за температурным режимом работы градирни в теплые дни измеряются и записываются в журнал следующие величины:

а) температура атмосферного воздуха, измеряемая аспирационным психрометром по сухому и влажному термометрам с ценой деления шкалы $0,2^{\circ}C$;

б) скорость ветра, определяемая с помощью чашечного анемометра Фусса, устанавливаемого на высоте 2 м от поверхности земли. Психрометр и анемометр устанавливаются с наветренной стороны градирни;

в) температура воды, измеряемая на входе в градирню ртутными лабораторными термометрами с ценой деления шкалы $0,1^{\circ}C$. Термометры вставляются в карманы подводящих водоводов, заполненные машинным маслом;

г) температура охлажденной воды, измеряемая такими же лабораторными термометрами, заключенными в оправах и опущенными на прочной тесьме в колодцы перед отводящим каналом бассейна градирни.

2. Каждое наблюдение (опыт) должно проводиться непрерывно в течение 6-8 ч через 30 мин в период максимума дневной температуры наружного воздуха (примерно от 10 до 17 ч). Проводить наблюдения во время дождя не рекомендуется.

3. Наблюдения нужно проводить при трех различных расходах воды, подаваемой на градирню: максимальном, среднем и минимальном. При каждом установившемся гидравлическом режиме наблюдения проводятся в течение 3-4 дн. Наблюдения проводятся при перепадах температур не менее $8^{\circ}C$ и плотности орошения не меньше 4 $м^3/(ч \cdot м^2)$. При этом минимальная удельная тепловая нагрузка градирни не должна быть меньше 30 $Мкал/(ч \cdot м^2)$.

4. Расход воды, подаваемой на испытываемую градирню, регулируется как числом включаемых в работу циркуляционных насосов, так и отключением других градирен, работающих параллельно с испыты-

ваемой. Минимальный расход воды может устанавливаться дросселированием ее задвижками на подводящих водоводах испытываемой градирни. Прикрытие задвижек следует производить на одинаковое число оборотов, чтобы на каждую половину градирни поступало примерно одинаковое количество воды.

5. Стационарный гидравлический режим работы градирни устанавливается за 2 ч до начала наблюдений для того, чтобы исключить инерционное влияние вместимости резервуара градирни на температуру охлажденной воды. За это время следует измерить расход воды в подводящих водоводах градирни и определить плотность орошения. До измерения расхода воды необходимо прочистить все сопла на градирне и заменить неисправные сопла.

6. Расход воды определяется известными способами, чаще - путем измерения скоростей течения воды в напорных водоводах с помощью гидрометрических трубок Прандтля и П-образных дифманометров с заполнением вода-воздуха по [3]. Результаты измерения расхода воды должны вноситься в табл.П.I.

7. По журналам наблюдений (форму журнала см.табл.П.2) подсчитываются средние измеренные значения за проведенный опыт в течение дня при стационарном гидравлическом режиме работы градирни.

8. Подсчитанные по журналам наблюдений средние значения для каждой градирни сводятся в табл.П.3.

9. По средним данным наблюдений, сведенным в эту таблицу, определяется температура охлажденной воды согласно нормативной характеристике, относящейся к градирне данной конструкции.

Для каждого опыта находится отклонение фактической температуры охлажденной воды от рассчитанной по нормативной характеристике. Среднее отклонение из всех опытов, проведенных при разных стационарных гидравлических режимах работы градирни (т.е. максимальном, среднем и минимальном расходе воды на градирню), является поправкой на совпадение нормативной характеристики с натурными данными, если оно составляет не более $\pm$I,0°C. Если же отклонение фактической температуры охлажденной воды превышает $\pm$I,0°C, требуется пересмотр и выбор новой нормативной характеристики для испытанной градирни согласно разд.2.2 и 2.3.

I0. Охлаждающая способность градирен вследствие старения и разрушения водоохлаждающих конструкций с течением времени сни-

Таблица П.I

Данные измерения расходов воды

на градирне №_____ электростанции _____

Дата	№ п.п.	Перепад давлений по дифманометру в центре трубы, мм вод.ст.		Коэффициент распределения скоростей по сечению трубы K		Давление воды в подводящей трубе H, м вод.ст		Средний напор воды перед соплами градирни h_c, м вод.ст.		Расход воды по водоводам Q, м³/ч			Плотность орошения q, м³/(ч·м²)	Примечание
		Лев.	Прав.	Лев.	Прав.	Лев.	Прав.	Лев.	Прав.	Лев.	Прав.	Суммарный		

Руководитель испытаний _____
(подпись)

Наименование электростанции _____

Таблица П.2

Опыт № _____

Дата опыта ____

ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ НА ГРАДИРНЕ № ___ ПЛОЩАДЬЮ ОРОШЕНИЯ _____ $м^2$

Измеренный постоянный расход воды за время опыта составляет _____ $м^3/ч$,

плотность орошения _____ $м^3/(ч \cdot м^2)$

№ п.п.	Время наблюдений	Температура наружного воздуха по термометру, °С		Температура воды по половинам градирни, °С				Показание анемометра			Время по секундомеру, с	Число делений в секунду n	Барометрическое давление $p_б$, мм рт.ст.
				на входе в градирню $t_1^ф$		на выходе из градирни $t_2^ф$		Начальный отсчет	Конечный отсчет	Разность отсчетов			
		сухому Q	влажному τ	Лев.	Прав.	Лев.	Прав.						
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4
I 2 3 ... n													
Средние								–	–	–	–		

Перепад температур воды (средний) $\Delta t = t_1^ф - t_2^ф$, °С _____

Удельная тепловая нагрузка (средняя) $q\Delta t$, Мкал/(ч·м²) _____

Влажность воздуха (средняя) φ, % _____

Скорость ветра (средняя) w, м/с _____

Барометрическое давление в течение опыта $p_б$, мм рт.ст. _____

Наблюдатель _____
(подпись)

Таблица П.3

Результаты наблюдений на градирне № _____
площадью орошения _____ $м^2$ электростанции _____

Показатель	Дата и период наблюдений, ч						Примечание
Расход воды, поступающей на градирню Q, $м^3/ч$							
Плотность орошения q, $м^3/(ч \cdot м^2)$							
Температура поступающей воды $t_1^ф$, °С							
Температура охлажденной воды $t_2^ф$, °С							
Перепад температур воды $\Delta t=(t_1^ф-t_2^ф)$, °С							
Удельная тепловая нагрузка градирни $q\Delta t$, Мкал/(ч·м²)							
Температура наружного воздуха по сухому термометру θ, °С							
Температура наружного воздуха по влажному термометру τ, °С							
Относительная влажность наружного воздуха φ, %							
Скорость ветра на высоте 2 м от поверхности земли w, м/с							
Барометрическое давление $p_б$, мм рт.ст.							
Значение температуры охлажденной воды по нормативному графику t_2, °С							
Отклонение фактической температуры охлажденной воды от расчетной $\pm\Delta=(t_2^ф-t_2)$, °С							

Инженер по эксплуатации ПТО _____ (подпись)

жается. Поэтому в эксплуатационных условиях по мере необходимости (через 1-2 года) в летнее время персонал режимной группы ПТО или цеха наладки обязан проводить испытания градирен с целью определения охлаждающей способности и установления оптимального распределения гидравлических и тепловых нагрузок между градир-

нями. В задачу испытаний входит также выявление причин неудовлетворительного охлаждения воды с разработкой мероприятий по их устранению. Например, установление равномерного орошения и тепловой нагрузки по половинам или дифференциального их распределения по зонам внутри градирни.

До проведения испытаний градирен следует приобрести запасной комплект приборов, указанных в табл.П.4.

Таблица П.4

Перечень приборов, необходимых для проведения испытаний

Наименование	Количество приборов для градирен площадью орошения, м²				
	до 1200	1600–2600	3200	4000–4200	более 4200
Трубки гидродинамические	2 (1,0)*	3 (1,5)*	3 (2,0)*	3 (2,5)*	4 (3,0)*
Дифманометры П-образные длиной 600 мм	2	3	3	3	4
Ртутные термометры со шкалой 0–50 и ценой деления 0,1°С (ГОСТ 215–57) для измерения температуры воды в трубопроводах градирен	4	6	8	8	10
Электротермометры дистанционные гидрологические ГР-41М-1 со шкалой 1; +35 и ценой деления 0,1°С (ТУ 25-04-1900-73) для измерения температуры воды в колодцах на дистанции 40 м	2	4	4	4	4
Психрометр аспирационный МВ-4М(ГОСТ 6353-52), погрешность измерения температуры ±0,1°С	Всего 2				
Анемометры ручные чашечные МС-13 (ГОСТ 6376-74) или контактные анемометры М-25 (вариант П; ТУ 08-93-59) с регистратором М-97 (ТУ 52-07-194-71) [4]	Всего 2				

Окончание таблицы П.4

Наименование	Количество приборов для градирен площадью орошения, м²				
	до 1200	1600–2600	3200	4000–4200	более 4200
Секундомеры		Всего 2			
Барометр-анероид БАММ-1 со шкалой 600–800 и ценой деления 1 мм рт.ст. (ГОСТ 6436-53)		Всего 2			
Гигрометр волосной в круглой оправе М-68 (МНК), ТУ 25-04-1818-72, со шкалой 30–100%, погрешность не более 10% (ТУ 25-11-1333-77)		Всего 3			

*В скобках приведена длина трубок в метрах.

Приложение 2

УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ШТАТНОГО КОНТРОЛЯ ЗА РАБОТОЙ ГРАДИРЕН

1. Исходя из опыта эксплуатации и результатов натурных испытаний для ведения контроля за работой градирен и нормирования их показателей необходимо измерять расход охлаждающей воды, поступающей на охлаждение по водоводам, с точностью 3–5%. Для этого на каждом подводящем водоводе устанавливается сегментная диафрагма высотой 0,17 $D_{ср}$ (рис.П.1), где $D_{ср}$ – средний внутренний диаметр водовода, измеренный по шести-восьми диаметральным направлениям [3].

При указанной высоте диафрагмы расход воды по перепаду давлений определяется по формуле

$$Q = D_{ср}^2 \sqrt{\frac{\Delta p}{\delta}}, \qquad (П.1)$$

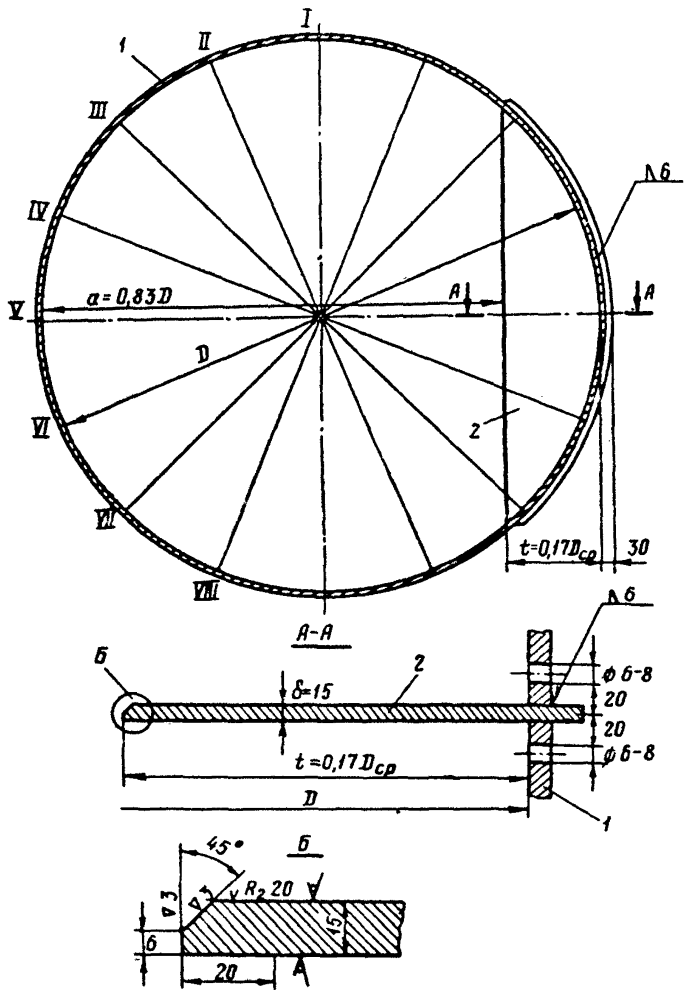


Рис.П.I. Сегментная диафрагма:

I - напорный водовод; 2 - сегмент;

I - VIII - направления измерения диаметра D для определения $D_{ср}$

где $D_{ср}$ - внутренний диаметр водовода (средний), см;

Δp - перепад давлений на диафрагме по дифманометру, кгс/м^2;

γ - плотность воды, кг/м^3.

В качестве датчика перепада давлений к диафрагме присоединяется дифференциальный мембранный манометр типа ДМ класса точности I с диапазоном измерения 0-630 кгс/м^2, а в качестве вторичного прибора на тепловом щите управления устанавливается дистанционный показывающий расходомер типа ДПР класса точности 0,5 со стандартной шкалой. Для разных диаметров водоводов рекомендуются различные шкалы (табл.П.5).

Таблица П.5

Рекомендуемые шкалы расходомеров

Диаметр водовода, мм	Верхний предел шкалы, м^3/ч	Диаметр водовода, мм	Верхний предел шкалы, м^3/ч
500	I600	I600	I6000
600	2500	I800	20000
700	3200	2000	25000
800	4000	2200	32000
900	5000	2400	40000
I000	6300	2600	50000
I200	I0000	2800	50000
I400	I2500	3000	63000

2. Для контроля уровней воды в резервуарах градирен необходимо устанавливать поплавковые дистанционные уровнемеры, применяемые в гидрометрии.

Для периодического измерения колебаний уровня воды применяется датчик М-96-9 (ТУ 25-08-639-70) с потенциометром ПШИЛ. Погрешность прибора 0,I%, пределы измерения 0-300, 0-600, 0-I200 см.

В качестве датчика уровней можно применить также поплавковое устройство ГР-83 (ТУ 52-08-303-74) с амплитудой колебания уровня I,0 м и погрешностью ±0,2 мм). Для контроля предельных уровней в резервуаре градирни можно установить реле уровней типа РП-65, которое должно быть связано с реле электропривода задвижки на водоводе добавочной воды.

3. Для измерения давления в напорных водоводах градирен с точностью $\pm(1\div1,6)\%$ могут быть использованы датчики давления типа МЭД класса точности I с вторичным показывающим прибором типа КПД класса точности 0,5. Эти приборы рекомендуются со стандартными шкалами измерения давления в следующих верхних пределах: для градирен площадью орошения до 2100 $м^2$ - 0,1 МПа (1,0 $кгс/см^2$); 2600-4200 $м^2$ - 0,16 (1,6); более 4200 $м^2$ - 0,25 МПа (2,5 $кгс/см^2$).

4. Температура воды в градирнях на входе и выходе может измеряться с помощью автоматического режимного регистрирующего гидрологического поста ГР-103 с точностью $\pm0,2^{\circ}С$ (ТУ 25-04-1651-72) [4].

5. В качестве датчика температур наружного воздуха по сухому ϑ и влажному τ термометрам для определения влажности воздуха может быть использован стандартный электропсихрометр с двумя термометрами сопротивления, один из которых обернут непрерывно смачиваемым батистом [5]. Запас дистиллированной воды (конденсата) в бачке рассчитан на непрерывную работу электропсихрометра в течение 24 ч. Аспирация воздуха производится турбинкой с электродвигателем ДД-13. Термометры сопротивления соединены с регистрирующим прибором электропроводами. В качестве регистрирующего прибора используется самописец типа ЭПП или мост постоянного тока типа МО-62.

Психрометром можно пользоваться только при положительных температурах наружного воздуха. На зимний период психрометр из метеорологической будки убирается.

Вместо измерения ϑ и τ можно измерять ϑ и φ, для чего применяется измеритель температуры и влажности воздуха типа ИТВ-1.

6. Первичные приборы (датчики), располагаемые на трубопроводах градирен, должны быть защищены от атмосферных осадков и размораживания в зимнее время года, а также от случайного повреждения при ремонтах градирен.

7. Электропсихрометр и другие метеорологические приборы должны быть установлены в стандартной жалюзийной будке типа БС-1 (ГОСТ 14211-69), располагаемой на огороженном метеорологическом пункте, на который исключается попадание выброса тепловых потоков из градирен и главного корпуса при господствующем направлении вет-

ра. Будка располагается на подставке (ТУ 52-07-267-21) с лесенкой (ТУ 52-07-104-71).

8. Для периодического измерения средней скорости ветра на стандартной метеорологической мачте ПР-54 (ММ-49) (ТУ 25-04-1742) устанавливается контактный анемометр М-25 (вариант П, ТУ 08-93-59), который подключается к любому регистратору для контактных анемометров или к электромеханическому счетчику импульсов. Пределы измерения анемометра 0,5-35 м/с, порог чувствительности 0,4 м/с; погрешность составляет $\pm(0,1 \div 0,03)w$.

В суровых климатических условиях рекомендуется к применению универсальный анеморумбограф М-64М (Л.82.788.003 ТО) с регистратором РПВ. Диапазон измерений 1 - 40 м/с, порог чувствительности 0,6 м/с, погрешность $\pm(0,5 \div 0,05)\ w$. Питание от сети переменного тока 220 В. Режим работы непрерывный, гарантия безотказной работы 2000 ч [4].

При установке анемометров на метеорологической мачте необходимо приводить измеренные скорости ветра на высоте h_ϕ к скорости ветра на высоте 2 м от поверхности земли по формуле

$$w = w_\phi \left(\frac{2}{h_\phi}\right)^{0,3}, \qquad (П.2)$$

где w_ϕ - скорость ветра на высоте флюгера, м/с;

h_ϕ - высота флюгера метеостанции, м.

9. Все вторичные приборы, регистрирующие измеренные параметры по градирням, должны быть сосредоточены на одной секции теплового щита управления.

10. Электролинии связи датчиков со щитом вторичных приборов должны быть выполнены в соответствии с требованиями ПТЭ, ПУЭ и СНиП.

11. Барометрическое давление измеряется анероидом, устанавливаемым на БЩУ, с точностью ± 1 мм рт.ст.

12. Перечисленные приборы устанавливаются для штатного контроля за работой градирен и нормирования температуры охлажденной воды.

Измерения всеми приборами проводятся в течение суток с периодичностью в 1 ч и записью в суточный журнал работы градирни (форма А, табл.П.6).

Принципиальная схема измерений на градирне показана на рис.П.2.

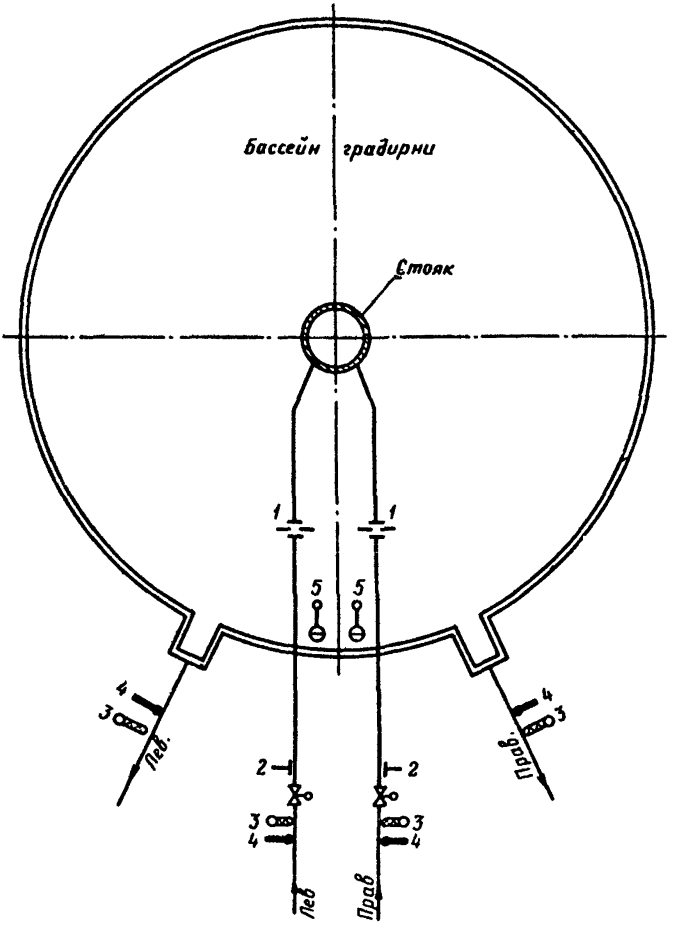


Рис.П.2. Принципиальная схема измерений на градирне:

I - сегментная диафрагма $\Delta p_{макс}$ = 500 кгс/м^2; дифференциальный манометр, класс точности I, с пределом измерения 0-630 кгс/м^2, t = 30°С; 2 - манометр типа МЭД, класс точности I, шкалы 0 - I,0; 0 - I,6; 0 - 2,5 кгс/см^2; 3 - термометр сопротивления ТСП гр.22, класс точности 2; 4 - ртутный термометр с пределом измерения 0 - 50°С; 5 - реле уровней РП-65 с пределами измерений 0 - 0,3; 0 - 0,6; 0 - 0,8 м

Таблица П.6

Форма А

Наименование электростанции _____ Дата _____

Суточный журнал работы градирни № _____ площадью орошения _____ м^2

Время измерения, ч	Температура наружного воздуха по термометру, °С		Относительная влажность φ, %	Скорость ветра w, м/с	Барометрическое давление P_0, мм рт.ст.	Измерения по половинам градирни						Примечание
						Расход воды Q_1, м^3/ч		Температура воды на входе t_1^{ϕ}, °С		Температура воды на выходе t_2^{ϕ}, °С		
	сухому ϑ	влажному τ				Лев.	Прав.	Лев.	Прав.	Лев.	Прав.	
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
Среднесуточные по градирне												

Удельная гидравлическая нагрузка $q = \frac{Q}{F_{ор}}$, м³/(ч·м²) _____

Температурный перепад $\Delta t = t_1^{ф} - t_2^{ф}$, °С _____

Удельная тепловая нагрузка $q\Delta t$, Мкал/(ч·м²) _____

Начальники: I-й смены _____
(подпись)

2-й смены _____
(подпись)

3-й смены _____
(подпись)

Инженер ПТО по эксплуатации _____
(подпись)

Приложение 3

ЗАДАЧИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПЕРСОНАЛА ПО КОНТРОЛЮ ЗА НОРМАТИВНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩА

1. Основной задачей эксплуатационного персонала по контролю за нормативными показателями охлаждающей способности водохранилищ является измерение температур воды на входе в конденсаторы с заданной точностью и поддержание минимальной температуры охлаждающей воды.

2. Устойчивая работа водохранилища-охладителя зависит от правильной эксплуатации его гидротехнических сооружений: напорной и водосливной плотин, водовыпускных и водозаборных каналов, струенаправляющих и струераспределительных дамб и т.д.

Надзор за состоянием гидротехнических сооружений осуществляется пьезометристом-обходчиком в сроки, определенные инструкцией. Кроме того, каждый год перед прохождением весеннего паводка и после него специальной комиссией производится обследование гидросооружений. На основании результатов наблюдений и актов обследования гидросооружений определяется необходимый объем ремонтных и восстановительных работ на гидротехнических сооружениях водохранилищ-охладителей.

3. Максимально допустимая температура охлажденной воды, поступающей в конденсатор из водохранилища-охладителя, равна 33°С. Если измеренная фактическая температура на входе в конденсатор превышает 33°С, необходимо произвести обследование или натурные испытания водохранилища-охладителя и выявить причины снижения его охладительного эффекта.

4. Обследование или испытание водохранилища-охладителя выполняется специализированной организацией (Союзтехэнерго, Теплоэлектропроект, ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева и др.).

Приложение 4

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ШТАТНОГО КОНТРОЛЯ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ЗА РАБОТОЙ ВОДОХРАНИЛИЩ-ОХЛАДИТЕЛЕЙ

I. Согласно п.3.5.I, продолжительность цикла измерений принимается равным I мес. В перечень измеряемых среднемесячных параметров, характеризующих работу водохранилищ, входят:

- температура воды на входе в конденсатор;
- температура воды на выходе из конденсатора;
- циркуляционный расход;
- скорость ветра на высоте 2 м над водной поверхностью;
- температура воздуха по сухому и влажному термометрам;
- температура естественной воды.

2. Температура воды на входе в конденсатор и выходе из него измеряется в напорных и сливных трубопроводах. С этой целью в трубопроводы ввариваются карманы, в которые устанавливаются термометры (ртутные, со шкалой от 0 до 50°С с ценой деления 0,I°С). Карман заполняется машинным маслом. Для измерения температур воды могут применяться также и термометры сопротивления, обеспечивающие ту же точность измерений.

3. Расход воды, поступающей на конденсаторы ТЭС, измеряется сегментными диафрагмами, устанавливаемыми в напорных трубопроводах. Методика измерения приведена в приложении 2.

4. Скорость ветра на высоте 2,0 м над водной поверхностью измеряется электроанемометром с точностью 0,I м/с; температура воздуха по сухому и влажному термометрам измеряется электропсихрометром с точностью 0,2°С, аспирация воздуха производится с помощью турбинки электродвигателем ДП-I3; один из термометров смачивается дистиллированной водой, запас которой рассчитан на 24 ч. Запись температур производится с помощью самописца ЭПП или моста постоянного тока МО-62. Электропсихрометр устанавливается в метеорологической будке БС-I (ГОСТ I42II-69).

5. Приборы для измерения метеорологических факторов устанавливаются на высоте 2,0 м над водной поверхностью на метеорологическом посту, который располагают на открытой местности на берегу водохранилища.

6. Если высота установки электроанемометра не соответствует 2 м, необходимо перевести скорость ветра, измеренную на высоте флюгера, к скорости ветра на высоте 2 м по формуле

$$w = \frac{2,824}{\ell g \frac{h_\varphi}{Z_0}} w_\varphi \quad , \qquad (П.3)$$

где h_φ – высота флюгера, м;

Z_0 – параметр шероховатости, принимаемый для водной поверхности равным 0,003 м;

w_φ – скорость ветра на высоте флюгера.

7. Естественная температура воды определяется по температуре воздуха по графику рис.I8 или рассчитывается по наблюденным значениям температуры воздуха, абсолютной влажности, облачности и скорости ветра по уравнению теплового баланса неподогреваемого водохранилища

$$\alpha_u (e'_m - e) + \alpha_к (K_4 t_e - \vartheta) = 0 \qquad (П.4)$$

8. Коэффициенты теплоотдачи определяются следующим образом:

$$\alpha_u = 0,23I + 0,03I w \qquad (П.5)$$

$$\alpha_к = 0,48 \alpha_u \qquad (П.6)$$

9. Радиационный баланс вычисляется по формуле

$$R_1 = (Q_n + q_p)_n (1 - a) - I_n \, , \qquad (П.7)$$

где

$$(Q_n + q_p)_n = (Q_n + q_p)_0 \left[1 - (1 - K_5) n\right] ; \qquad (П.8)$$

$$I_n = I_0 (1 - c_1 n^2) + M_1 (K_4 t_e - \vartheta) ; \qquad (П.9)$$

$$M_1 = 0,00\,I\;\; K_4 t_e + 0,086. \qquad (П.I0)$$

I0. Величины $(Q_n + q_p)_0$, K_5, a, c_1 выбираются соответственно из табл.П7–П.I0 по географической широте водохранилища-охладителя. Величина I_0 определяется по табл.П.II.

II. Коэффициент K_4 для средних глубин водохранилищ до 4 м принимается равным I,04.

I2. Подставив в уравнение П.4 известные величины, получим уравнение для расчета естественной температуры воды.

I3. Ниже приводится пример расчета естественной температуры воды для района Москвы: широта – $55^0 48'$, метеорологические условия:

$\vartheta = 24{,}8^{\circ}C$; $e = 12{,}8$ мм рт.ст.; $n = 0{,}3$; $w = 2{,}1$ м/с.

Коэффициенты теплоотдачи определяются по формулам (П.5) и (П.6):

$$\alpha_u = 0{,}231+0{,}031\, w = 0{,}231+0{,}031 \cdot 2{,}1 = 0{,}296 \text{ Мкал/(м}^2\text{·сут·мм)};$$

$$\alpha_к = 0{,}48\ \alpha_u = 0{,}48 \cdot 0{,}296 = 0{,}142 \text{ Мкал/(м}^2\text{·сут·}^{\circ}\text{C)}.$$

Радиационный баланс определяется из уравнения (П.7).

Значение $(Q_n + q_p)_o$ для заданной широты, согласно П.7, равно 7,1 Мкал/(м^2·сут). Величина K_5 равна 0,38 (см.табл.П.8) отсюда

$$(Q_n + q_p)n = 7{,}1\ [1 - (1 - 0{,}38)\ 0{,}3] = 5{,}75 \text{ Мкал/(м}^2\text{·сут)}.$$

Поглощенная водой солнечная радиация при значении альбедо, равном 0,075 (см.табл.П.9) составляет

$$(Q_n + q_p)n\ (1 - a_s) = 5{,}75 \cdot (1 - 0{,}075) = 5{,}32 \text{ Мкал/(м}^2\text{·сут)}.$$

Эффективное излучение водной поверхности определяется по формулам (П.9), (П.10) и при I_o, равном 1,48 Мкал/(м^2·сут), (см. табл.П.11), коэффициенте c_1, равном 0,74 (см.табл.П.10), коэффициенте M_4, равном 0,112, составит

$$I_n = 1{,}48\ (1 - 0{,}74 \cdot 0{,}09) + 0{,}112\ (K_4 t_e - 24{,}8) = 0{,}112\, K_4 t_e - 1{,}4 \text{ Мкал/(м}^2\text{·сут)}.$$

Радиационный баланс $R_1 = (Q_n + q_p)_n\ (1 - a) - I_n =$

$$= 5{,}32 - 0{,}112\ K_4 t_e + 1{,}4 = 6{,}72 - 0{,}112\, K_4 t_e.$$

Подставив в уравнение (П.4) найденные значения, получим уравнение

$$0{,}296\, e'_m + 0{,}254\, K_4 t_e = 14{,}03.$$

Естественная температура воды при $K_4 = 1{,}04$, определенная подбором, получится равной 25,6°С.

Значение e'_m соответствует t_e и выбирается из табл.П.12.

14. Применяемые средства измерений с указанием ГОСТ и ТУ приведены в приложении 2.

Таблица П.7

Суммарная (прямая и рассеянная) солнечная радиация ($Q_n + q_p$)$_o$ при безоблачном небе, Мкал/(м^2·сут)

Широта, град.	Месяцы											
	I	II	III	IУ	У	УI	УII	УIII	IX	X	XI	XII
80	0,00	0,00	0,8I	3,20	5,77	6,76	6,I0	3,48	I,20	0,I3	0,00	0,00
75	0,03	0,2I	I,29	3,73	6,03	6,97	6,35	3,97	I,77	0,55	0,07	0,00
70	0,06	0,50	I,87	4,23	6,26	7,I3	6,55	4,42	2,33	0,97	0,23	0,03
65	0,26	0,89	2,45	4,70	6,48	7,30	6,77	4,87	2,93	I,45	0,50	0,I3
60	0,55	I,39	3,I0	5,I3	6,7I	7,43	6,97	5,29	3,50	I,97	0,87	0,39
55	0,97	2,00	3,7I	5,53	6,94	7,57	7,I3	5,7I	4,I0	2,48	I,37	0,74
50	I,52	2,68	4,35	5,93	7,I3	7,67	7,26	6,06	4,73	3,I0	I,93	I,22
45	2,I3	3,36	4,97	6,33	7,29	7,77	7,39	6,48	5,33	3,74	I,57	I,84
40	2,8I	4,II	5,48	6,67	7,39	7,83	7,48	6,8I	5,87	4,32	3,23	2,48
35	3,48	4,86	5,97	7,00	7,42	7,83	7,52	7,03	6,27	4,87	3,93	3,I0
30	4,I0	5,43	6,29	7,20	7,42	7,83	7,52	7,I6	6,60	5,32	4,53	3,68
25	4,6I	5,89	6,55	7,27	7,39	7,80	7,45	7,I9	6,83	5,68	5,00	4,22
20	5,00	6,25	6,7I	7,27	7,29	7,63	7,32	7,I6	7,00	5,97	5,43	4,68
I5	5,35	6,54	6,77	7,20	7,I0	7,40	7,I3	7,03	7,03	6,I9	5,77	5,06
I0	5,6I	6,78	6,77	7,I0	6,84	7,07	6,84	6,84	7,03	6,32	6,00	5,35
5	5,8I	6,96	6,7I	6,93	6,58	6,60	6,48	6,6I	6,93	6,42	6,20	5,58
0	5,97	7,07	6,58	6,73	6,I9	6,00	6,03	6,32	6,80	6,45	6,32	5,80

Таблица П.8

Среднеширотные изменения коэффициента K_5

Широта, град	75	70	65	60	55	45	40	35	30	25	20	I5	I0	5	0
Коэффициент K_5	0,55	0,50	0,45	0,40	0,38	0,36	0,33	0,32	0,32	0,32	0,33	0,33	0,34	0,34	0,34

Таблица П.9

Отражательная способность водной поверхности (альбедо) α

Широта, град.	Месяцы											
	I	II	III	IУ	У	УI	УII	УIII	IX	XI	XI	XII
70	–	0,23	0,I6	0,II	0,09	0,09	0,09	0,I0	0,I3	0,I5	–	–
60	0,20	0,I6	0,II	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08	0,I0	0,I4	0,I9	0,2I
50	0,I6	0,I2	0,09	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,08	0,II	0,I4	0,I6
40	0,II	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	0,II	0,I2
30	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09
20	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07
I0	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
0	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

Таблица II.IO

Среднеширотные изменения коэффициента c_1

Широта, град.	75	70	65	60	55	45	40	35	30	25	20	I5	I0	5	0
Коэффициент c_1	0,82	0,80	0,78	0,76	0,74	0,70	0,68	0,65	0,63	0,6I	0,59	0,57	0,55	0,52	0,50

Таблица II.II

Эффективное излучение при безоблачном небе I_0 , Мкал/(м^{2}сут)

Температура воды, °С	Влажность воздуха, мм рт.ст.															
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	I2	I4	I6	I8	20	22	24
-30	I,30																
-28	I,40																
-26	I,43																
-24	I,47																
-22	I,50																
-20	I,57																
-I8	I,60																
-I6	I,63																
-I4	I,70																
-I2	I,73																
-I0	I,80	I,67															

	I,83	I,73																
-6	I,87	I,77	I,67															
-4	I,93	I,83	I,73															
-2	2,03	I,87	I,80	I,67														
0	2,07	I,93	I,83	I,73														
2	2,I7	2,00	I,87	I,77	I,70													
4	2,20	2,03	I,93	I,83	I,73	I,63												
6	2,27	2,I3	2,00	I,87	I,80	I,70	I,63											
8	2,33	2,I7	2,03	I,93	I,83	I,73	I,67	I,60										
I0	2,40	2,23	2,I0	2,00	I,90	I,80	I,73	I,63	I,57									
I2	2,47	2,30	2,I7	2,03	I,93	I,87	I,77	I,70	I,63	I,53								
I4	2,53	2,37	2,23	2,I0	2,00	I,90	I,83	I,73	I,67	I,60	I,47							
I6	2,60	2,43	2,30	2,I7	2,03	I,97	I,87	I,80	I,73	I,63	I,50	I,37						
I8		2,50	2,33	2,23	2,I3	2,03	I,93	I,83	I,77	I,70	I,56	I,40	I,27					
20		2,57	2,43	2,30	2,I7	2,07	2,00	I,90	I,80	I,73	I,60	I,43	I,30	I,20				
22			2,50	2,37	2,23	2,I3	2,03	I,93	I,87	I,80	I,63	I,50	I,37	I,23	I,I0			
24			2,57	2,43	2,30	2,20	2,I0	2,00	I,93	I,83	I,67	I,53	I,40	I,27	I,I3	I,03		
26			2,60	2,47	2,37	2,23	2,I7	2,03	I,97	I,87	I,73	I,57	I,43	I,30	I,I7	I,07	0,96	
28				2,53	2,43	2,30	2,23	2,I0	2,00	I,93	I,77	I,60	I,47	I,33	I,20	I,I0	I,00	
30				2,60	2,50	2,40	2,26	2,I6	2,06	2,00	I,80	I,66	I,50	I,40	I,26	I,I3		
32					2,53	2,46	2,33	2,23	2,I3	2,08	I,86	I,70	I,56	I,43	I,26	I,I6		
34					2,60	2,50	2,40	2,30	2,20	2,I0	I,93	I,73	I,60	I,46	I,30			
36						2,60	2,46	2,36	2,26	2,I6	2,00	I,80	I,68					
38							2,53	2,43	2,33	2,23								

Таблица П.I2

Максимальная упругость паров воды e'_m, мм рт.ст.

Температура воды, °С	Десятые доли градусов									
	0,0	0,I	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	4,58	4,6I	4,65	4,68	4,72	4,75	4,78	4,82	4,86	4,89
I	4,93	4,96	5,00	5,03	5,07	5,II	5,I4	5,I8	5,22	5,26
2	5,29	5,33	5,37	5,4I	5,45	5,49	5,52	5,56	5,60	5,64
3	5,68	5,72	5,77	5,8I	5,85	5,89	5,93	5,97	6,02	6,06
4	6,I0	6,I4	6,I9	6,23	6,27	6,32	6,36	6,4I	6,46	6,50
5	6,54	6,59	6,64	6,68	6,73	6,78	6,82	6,87	6,92	6,96
6	7,0I	7,06	7,II	7,I6	7,2I	7,26	7,3I	7,36	7,4I	7,46
7	7,5I	7,56	7,62	7,67	7,72	7,78	7,83	7,88	7,94	7,98
8	8,04	8,I0	8,I6	8,2I	8,27	8,32	8,38	8,44	8,49	8,55
9	8,6I	8,67	8,73	8,79	8,84	8,90	8,96	9,02	9,09	9,I6
I0	9,2I	9,27	9,33	9,40	9,46	9,52	9,58	9,65	9,7I	9,78
II	9,84	9,9I	9,98	I0,04	I0,II	I0,I8	I0,24	I0,3I	I0,38	I0,45
I2	I0,52	I0,59	I0,66	I0,73	I0,80	I0,87	I0,94	II,0I	II,08	II,I6
I3	II,23	II,30	II,38	II,45	II,53	II,60	II,68	II,76	II,83	II,9I
I4	II,99	I2,06	I2,I4	I2,22	I2,30	I2,38	I2,46	I2,54	I2,62	I2,7I
I5	I2,79	I2,87	I2,95	I3,04	I3,I2	I3,20	I3,29	I3,38	I3,46	I3,55
I6	I3,63	I3,72	I3,8I	I3,90	I3,99	I4,08	I4,I7	I4,26	I4,35	I4,44
I7	I4,53	I4,62	I4,72	I4,8I	I4,00	I5,00	I5,09	I5,I9	I5,28	I5,38
I8	I5,48	I5,58	I5,67	I5,77	I5,87	I5,97	I6,07	I6,I7	I6,27	I6,37
I9	I6,48	I6,58	I6,68	I6,79	I6,89	I7,00	I7,I0	I7,2I	I7,32	I7,43

20	I7,54	I7,64	I7,75	I7,86	I7,97	I8,08	I8,20	I8,3I	I8,42	I8,54
2I	I8,65	I8,75	I8,88	I9,00	I9,II	I9,23	I9,35	I9,47	I9,59	I9,7I
22	I9,83	I9,95	20,07	20,I9	20,32	20,44	20,56	20,69	20,82	20,94
23	2I,07	2I,20	2I,32	2I,45	2I,58	2I,7I	2I,84	2I,98	22,II	22,24
24	22,38	22,5I	22,65	22,78	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48	23,62
25	23,76	23,90	25,04	24,I8	24,33	24,47	24,62	24,76	24,9I	25,00
26	25,2I	25,36	25,57	25,66	25,8I	25,96	26,I2	26,27	26,43	26,58
27	26,74	26,90	27,06	27,2I	27,37	27,54	27,70	27,86	28,02	28,I8
28	28,35	28,5I	28,68	28,85	29,02	29,I8	29,35	29,52	29,70	29,87
29	30,04	30,22	30,39	30,57	30,74	30,92	3I,I0	3I,28	3I,46	3I,64
30	3I,82	32,0I	32,I9	32,38	32,56	32,75	32,93	33,I2	33,3I	33,50
3I	33,70	33,89	34,05	34,28	34,47	34,67	34,86	35,06	35,26	35,46
32	35,66	35,86	36,07	36,27	36,48	36,68	36,89	37,I0	37,3I	37,52
33	37,73	37,94	33,I6	38,37	38,58	38,80	39,02	39,24	39,46	39,68
34	39,90	40,I2	40,34	40,57	40,80	4I,02	4I,25	4I,48	4I,7I	4I,94
35	42,I8	42,4I	42,64	42,82	43,I2	43,36	43,60	43,84	44,08	44,32
36	44,56	44,8I	45,05	45,30	45,65	45,80	46,05	40,30	46,56	46,8I
37	47,07	47,32	47,58	47,84	48,I0	48,36	48,63	48,89	49,I6	49,42
38	49,69	49,96	50,23	50,50	50,77	5I,05	5I,32	5I,60	5I,86	52,I8
39	52,44	52,72	53,0I	53,29	53,58	53,87	54,I6	54,45	54,74	55,03
40	55,32	55,6I	55,9I	56,2I	56,5I	56,8I	57,II	57,4I	57,72	58,03
4I	58,34	58,65	58,86	59,27	59,58	59,90	60,22	60,54	60,86	6I,I8
42	6I,50	6I,82	62,I4	62,47	62,80	63,I5	63,46	63,79	64,I2	64,46
43	64,80	65,I4	66,48	65,82	66,I6	66,5I	66,86	67,2I	67,56	67,9I
44	68,25	68,6I	68,97	69,33	69,69	70,05	70,4I	70,77	7I,I4	7I,5I
45	7I,88	72,25	72,62	72,99	73,38	73,74	74,I2	74,50	74,88	75,26
46	75,65	76,04	76,43	76,82	77,2I	77,60	78,00	78,40	78,80	79,20

Окончание таблицы П.12

Температура воды, °С	Десятые доли градусов									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
47	79,60	80,00	80,41	80,82	81,23	81,64	82,05	82,46	82,87	83,29
48	83,71	84,13	84,56	84,99	85,43	85,85	86,28	86,71	87,14	87,58
49	88,02	88,46	88,90	89,34	89,79	90,24	90,69	91,14	91,59	92,05

Список использованной литературы

1. – Инструкция по составлению отчета о тепловой экономичности работы электростанции. М.: СЦНТИ ОРГРЭС, 1971.

2. Коновалов Г.М., Калаев В.Д. Нормативные характеристики конденсационных установок паровых турбин типа К. М: СЦНТИ ОРГРЭС, 1974.

3. Горбенко В.И. Инструкция по эксплуатации башенных градирен на ТЭС. М.: СЦНТИ ОРГРЭС, 1972.

4. – Справочник по гидрометеорологическим приборам и установкам. Рейфер А.Б., Алексеенко М.И. и др. Л.: Гидрометеоиздат, 1976.

5. – Указания по проведению натурных гидроаэротермических исследований башенных градирен/ ВНИИГ имени Б.Е.Веденеева. Л.: Энергия, 1971.

6. Фарфоровский Б.С. и Пятов Я.Н. Проектирование охладителей для систем производственного водоснабжения. М.: Госстройиздат, 1960.

7. – Методические рекомендации к расчету водохранилищ-охладителей ТЭС/ ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. Л: 1976.

8. Покровский В.Н. Водоснабжение тепловых электростанций. Госэнергоиздат, 1958.

9. – Технические указания к расчету прудов охладителей/ ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева. Л.: 1963.

Ответственный редактор Л.С.Моргулис
Литературный редактор Ф.С.Кузьминская
Технический редактор Н.Т.Леонтьева
Корректор В.Н.Кожевникова

Подписано к печати 03.12.80 Формат 60x84 1/16
Печ.л. 5,0 (усл.печ.л 4,65) Уч.-изд.л. 4,3 Тираж 700 экз.
Заказ № 451/80 Издат. № 210/80 Цена 65 коп.

gost.e-ecolog.ru

Производственная служба передового опыта и информации Союзтехэнерго
105023, Москва, Семеновский пер., д.15

Участок оперативной полиграфии СПО Союзтехэнерго
117292, Москва, ул.Ивана Бабушкина, д.23, корп.2