

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Казанский государственный энергетический университет
Метрологическая академия Российской Федерации
Астраханский государственный технический университет
ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго»
ОАО «Федеральная генерирующая компания – РусГидро»
ОАО «СО ЕЭС» «Объединенное диспетчерское управление
энергосистемами Юга»
Филиал МЭИ в г. Волжском**

**РЕСУРСОЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
И ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ**

**ПЯТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**г. Волжский
23 – 26 сентября 2014 г.**



природные низкопотенциальные источники тепла, предлагается энергосберегающая концепция теплоснабжения г. Волгограда.

Таблица

Затраты на теплоснабжение г. Волгограда

Наименование района	Затраты [Гкал/ч]	
	2010 год	2025 год
Тракторозаводской	272,9	319,5
Краснооктябрьский	284,7	327,9
Центральный	274,8	297,8
Дзержинский	347,2	415,1
Ворошиловский	174,7	237,8
Советский	193,4	262,3
Кировский	416,0	458,1
Красноармейский	1134,0	1244,8
ИТОГО	3097,7	3663,2

Энергосберегающая концепция теплоснабжения г. Волгограда может базироваться на основе двух энергосберегающих технологий:

- 1) работе на основе крупных теплонасосных станций, с использованием накопленного опыта по ТНУ в Швеции для теплоснабжения г. Стокгольма;
- 2) сочетании ТНУ и холодильных машин для круглогодичного кондиционирования на основе опыта в г. Пицунде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети / Е. Я. Соколов. – М. : Энергия, 1975.
2. Марченко, Г. Н. Некоторые новые подходы к выбору альтернативных возобновляемых источников сырья в производстве тепловой и электрической энергии / Г. Н. Марченко, Р. Р. Фархутдинов, Г. И. Дружинин, Э. Р. Алтынбаева // Проблемы энергетики. – 2013. – № 11-12.
3. Некрасов, А. С. Перспективы развития теплоснабжения России / А. С. Некрасов, Ю. В. Синяк, С. А. Воронина // Энергия: экономика, техника, экология. – 2014. – № 7.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГРАДИРЕН ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

А. В. Шевцов – технический директор НПК ООО «ИнТехЭнерго»

На тепловых электростанциях (ТЭС) технологическое оборудование работает с выделением большого количества тепла. Избыточное тепло приводит к перегреву оборудования и снижению его производительности и даже может привести к поломке оборудования. Избыточное тепло отводится оборотной водой, циркулирующей в системе охлаждения. Обратная вода также используется для конденсации дистиллята в турбинном конденсаторе генерирующей установки. Чем холоднее вода, тем больше продукта конденсируется.

Для получения оборотной воды с необходимой для охлаждения температурой на ТЭС применяются испарительные градирни башенного или вентиляторного типа. При охлаждении оборотной воды в испарительных градирнях часть избыточного тепла передается от воды атмосферному воздуху за счет поверхностного испарения воды (превращение части воды в пар с переносом его посредством диффузии и конвекции в воздух), другая часть – за счет разницы в температурах между водой и воздухом, то есть теплоотдачей соприкосновением (теплопроводность и конвекция). Кроме того, некоторое количество тепла отводится от воды за счет излучения. Однако тепло, передаваемое излучением, настолько мало в сравнении с другими видами отдачи тепла, что им можно пренебречь при составлении теплового баланса градирни.

Степень охлаждения воды в градирне напрямую связана с температурой наружного атмосферного воздуха. Чем выше температура наружного воздуха, тем менее эффективен процесс охлаждения оборотной воды в градирне. Теоретическим пределом охлаждения воды в испарительных градирнях является температура атмосферного воздуха по смоченному термометру [1].

Главная проблема всех существующих систем градирен – высокая температура наружного воздуха в летний период.

Проблема решается путем принудительного охлаждения поступающего в градирню наружного воздуха, которое обеспечивается за счет подачи в него воды в высокодисперсном состоянии. При высокодисперсном разбрызгивании воды (капельки размером менее 10 микрон) резко увеличивается площадь поверхности испарения воды (примерно в 10 000 раз). В результате чего происходит почти мгновенное испарение капелек воды с поглощением большого количества тепла (так называемая скрытая теплота кипения, равная 539,1 ккал/кг). Всё это приводит к охлаждению окружающего воздуха.

Принципиальная схема системы испарительного охлаждения воздуха для градирен приведена на рис. 1. На входе воздуха в градирню устанавливаются испарительные панели (рис. 2), которые связаны между собой трубопроводом и образуют в совокупности испарительную систему. По периметру каждой испарительной панели равномерно закреплены вихревые форсунки. Подаваемая насосом высокого давления (до 70 атм.) вода, проходя через форсунки (диаметр выходного отверстия 0,2...0,5 мм), превращается в высокодисперсные капельки (менее 10 мкм), которые мгновенно испаряются и обеспечивают охлаждение поступающего в градирню воздуха.

Расчеты показывают, что испарение 1 г воды на 1 м³ воздуха понижает температуру этого объема воздуха приблизительно на 2 °С. Но при этом увеличивается его влажность. Пределом охлаждения воздуха методом испарения в нем влаги является насыщенный пар. Испарить можно только то количество влаги, которое в состоянии принять в себя воздух при соответствующей температуре и давлении. Например, температура атмосферного воздуха +28 °С, влажность наружного воздуха 47 %. Влагосодержание наружного воздуха при заданных параметрах составляет 13 г/м³. Влагосодержание насыщенного пара при этом со-

ставит $27,6 \text{ г/м}^3$. Казалось бы, что можно дополнительно испарить ещё $14,6 \text{ г/м}^3$. Однако в процессе испарения температура воздуха снижается, а максимальное возможное влагосодержание уменьшается. Расчеты показывают, что при данных условиях может испариться не более $4,1 \text{ г/м}^3$ воды, температура воздуха при этом понизится на $9 \text{ }^\circ\text{C}$ (табл. 1, 2).

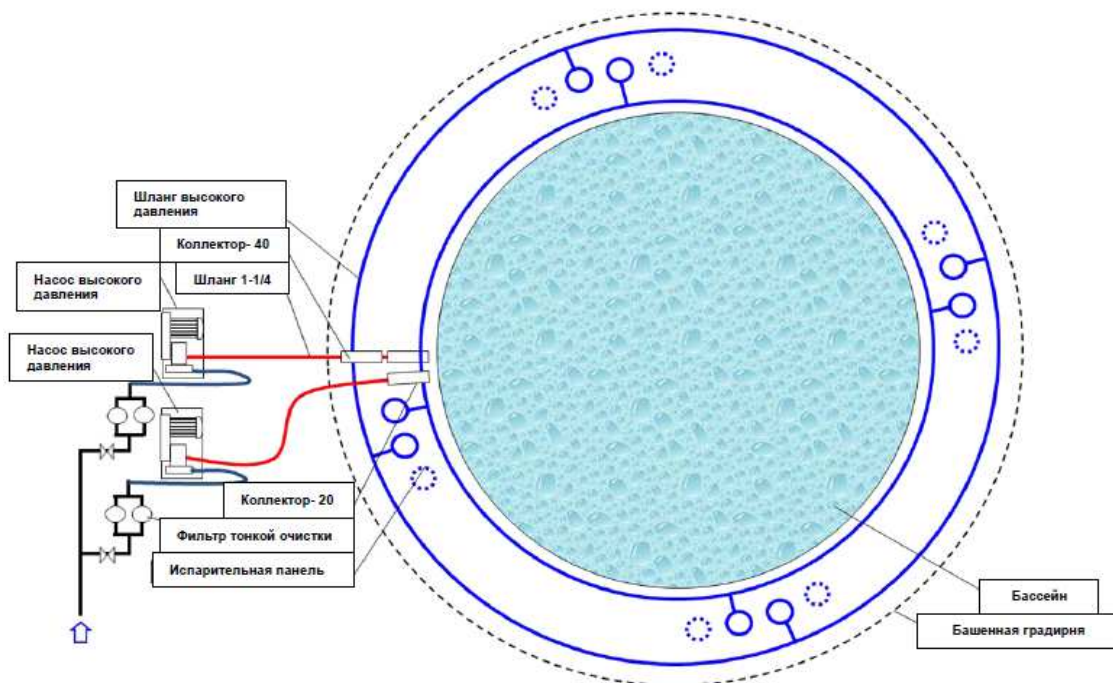


Рис. 1. Схема установки системы испарительного охлаждения воздуха

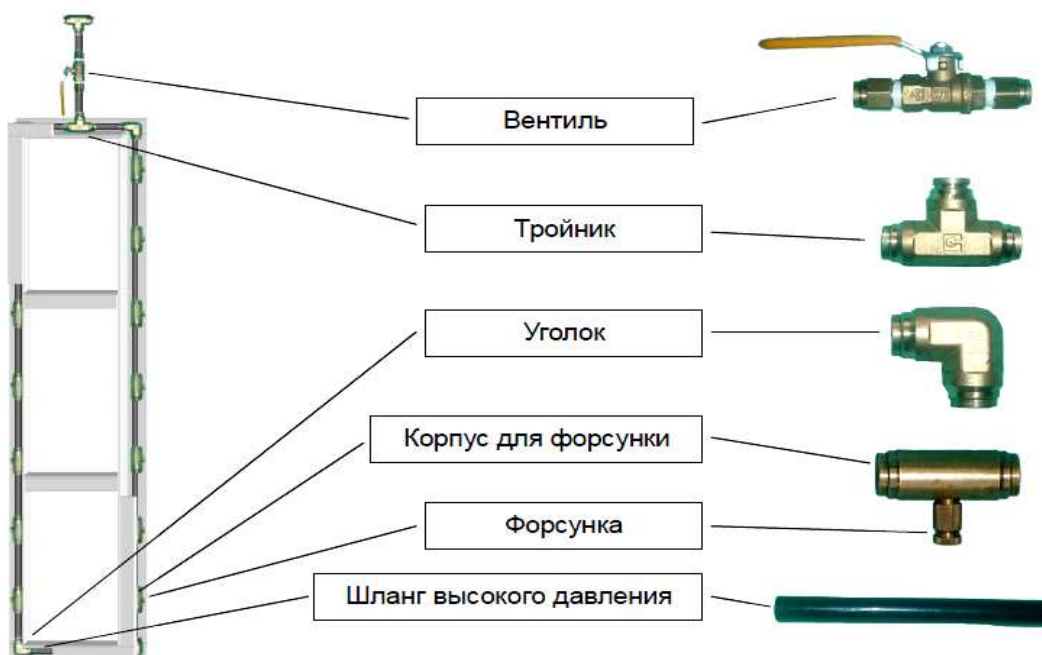


Рис. 2. Схема испарительной панели

Таблица 1

Влагосодержание насыщенного пара в зависимости от температуры

Температура, °С	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19
Количество воды, г/м ³	27,6	26,1	24,6	23,1	22,0	20,8	19,7	18,5	17,4	16,5

Таблица 2

Изменение температуры и влажности воздуха при испарении в нем воды

Температура, °С	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19
Испарение воды, г/м ³	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,1
Количество воды, г/м ³	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,1
Влажность, %	47	52	57	63	68	74	81	89	98	100

При выполнении проектов по модернизации испарительных градирен методом принудительного охлаждения наружного воздуха предлагается ограничиваться насыщением наружного воздуха водой в пределах 80...85 % влажности, чтобы избежать снижения возможностей самой градирни по охлаждению оборотной воды методом испарения. Хотя следует учитывать, что наружный воздух, войдя в градирню, тут же начинает нагреваться от соприкосновения с горячей оборотной водой, а значит, возрастает его способность к поглощению влаги.

В зависимости от климатических условий и типа градирни имеется возможность с помощью предложенного метода понизить температуру воздуха, входящего в градирню, от 2 до 12 °С, а температуру оборотной воды в системе охлаждения – на 0,8-4 °С.

В табл. 3 приводятся результаты тепловых расчетов для условий работы градирни № 2 Астраханской ТЭЦ-2. Расчеты проводились с учетом графика нормативных характеристик градирни № 2 Астраханской ТЭЦ-2, представленного на рис. 3.

Таблица 3

Результаты расчетов понижения температуры воздуха и оборотной воды для условий работы градирни № 2 Астраханской ТЭЦ-2

Температура воздуха, °С	40	40	40	40	40	40	40
Количество испаренной влаги, г	0	1	2	3	4	5	6
Температура охлажденного воздуха, °С	40	38	36	34	32	30	28
Влажность воздуха, %	30	35	42	49	57	58	78
Температура охлажденной воды, °С	39,5	38,7	38,0	37,5	37,0	36,2	35,5
Снижение температуры охлажденной воды, °С	0	0,8	1,5	2,0	2,5	3,3	4,0

Инновационность предлагаемого метода заключается в том, что зависимость эффективности работы градирен от высокой температуры атмосферного воздуха существенно снижается путем принудительного охлаждения поступающего в градирню воздуха за счет подачи в него воды в высокодисперсном состоянии, которая мгновенно испаряется с поглощением большого количества тепла. Это решение не требует внесения изменений в конструкцию самой градирни. Всё оборудование системы испарительного охлаждения воздуха размещается рядом с градирней, что позволяет провести модернизацию действующей градирни без вывода её из эксплуатации.

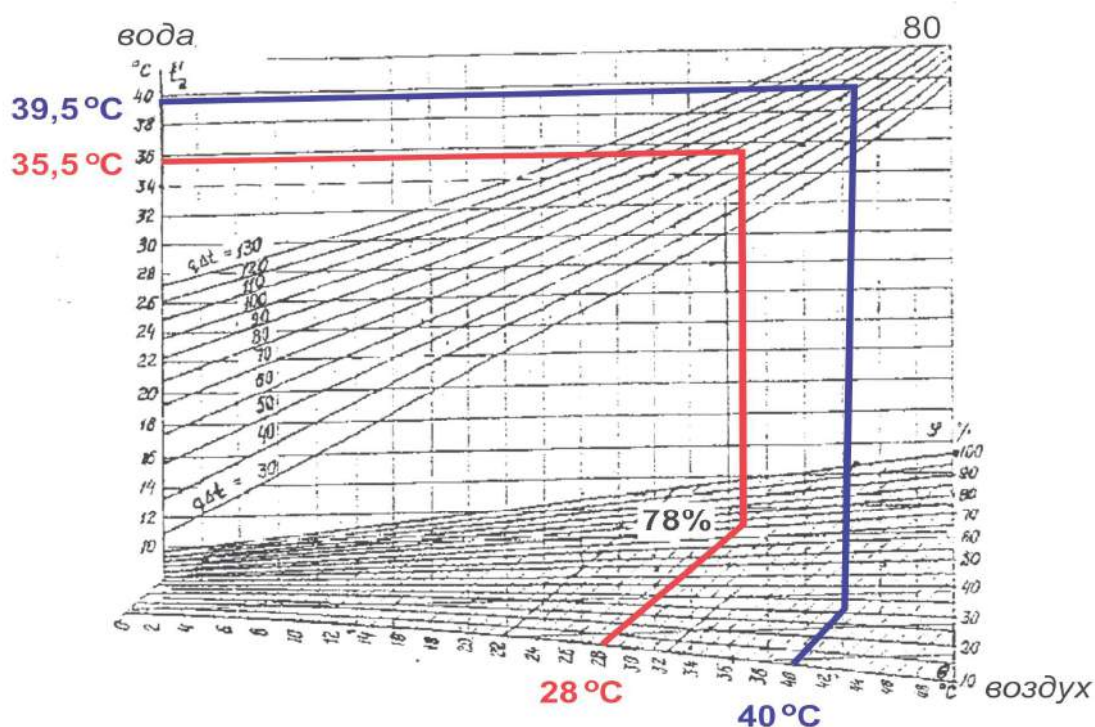


Рис. 3. График нормативных характеристик градирни № 2 Астраханской ТЭЦ-2

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пособие по проектированию градирен (к СНиП 2.04.02-84). – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 166 с.
2. Лаптев, А. Г., Ведьгаева, И. А. Устройство и расчет промышленных градирен : Монография / А. Г. Лаптев, И. А. Ведьгаева. – Казань : КГЭУ, 2004. – 180 с.
3. Лариков, Н. Н. Теплотехника : Учеб. для вузов / Н. Н. Лариков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1985. – 432 с.
4. Физические величины: Справочник / под ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.