

**УДК 621.1**

Д.С. БАЛЬЗАМОВ, (ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань)

Б.Ф. ТИМЕРШИН (ООО Инженерный Центр «Энергопрогресс», г. Казань)

**АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ  
ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА ПЕРЕД  
ГРАДИРНЕЙ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ  
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

*В данной статье приводится оценка применимости системы испарительного охлаждения воздуха, подаваемого в градирню с целью снижения температуры охлаждаемой воды на выходе из градирни.*

Проблема эффективного функционирования оборотного водоснабжения, особенно остро ощущается в теплый период года. Завышенная температура циркуляционной воды перед конденсаторами приводит к снижению выработки электрической энергии в генераторах турбин. Повышение эффективности работы водоохлаждающих устройств является актуальной задачей для предприятий энергетики. Повышение эффективности работы градирен можно вести по двум направлениям – это изменение конструкции оросителей и самой градирни и изменение внешних условий (изменение параметров наружного воздуха и оборотной воды, подаваемых в градирню)[2].

Рассматривается система испарительного охлаждения воздуха (СИОВ), разработанной резидентом фонда «Сколково», которая монтируется в воздухозаборные окна башенной градирни БГ-2600. Градирня обеспечивает охлаждение конденсатора турбины ПТ60-130/13 при плотности орошения  $q_{ор} = 8 \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{ч})$ , ширине зоны охлаждения  $\Delta t = 8^\circ\text{C}$  и температуре наружного воздуха  $t_{возд} = 20^\circ\text{C}$ . Техническое решение заключается в том, что поступающий в градирню наружный воздух охлаждается, проходя через испарительные панели, установленные в воздухозаборных окнах градирни (рис.1).

Охлаждение воздуха происходит за счет мгновенного испарения мелкодисперсных капель воды (тумана) создаваемого форсунками с выходным сечением каналов 2-5 мм под давлением 70 атм. Процесс сопровождается поглощением из наружного воздуха так называемой скрытой теплоты испарения.

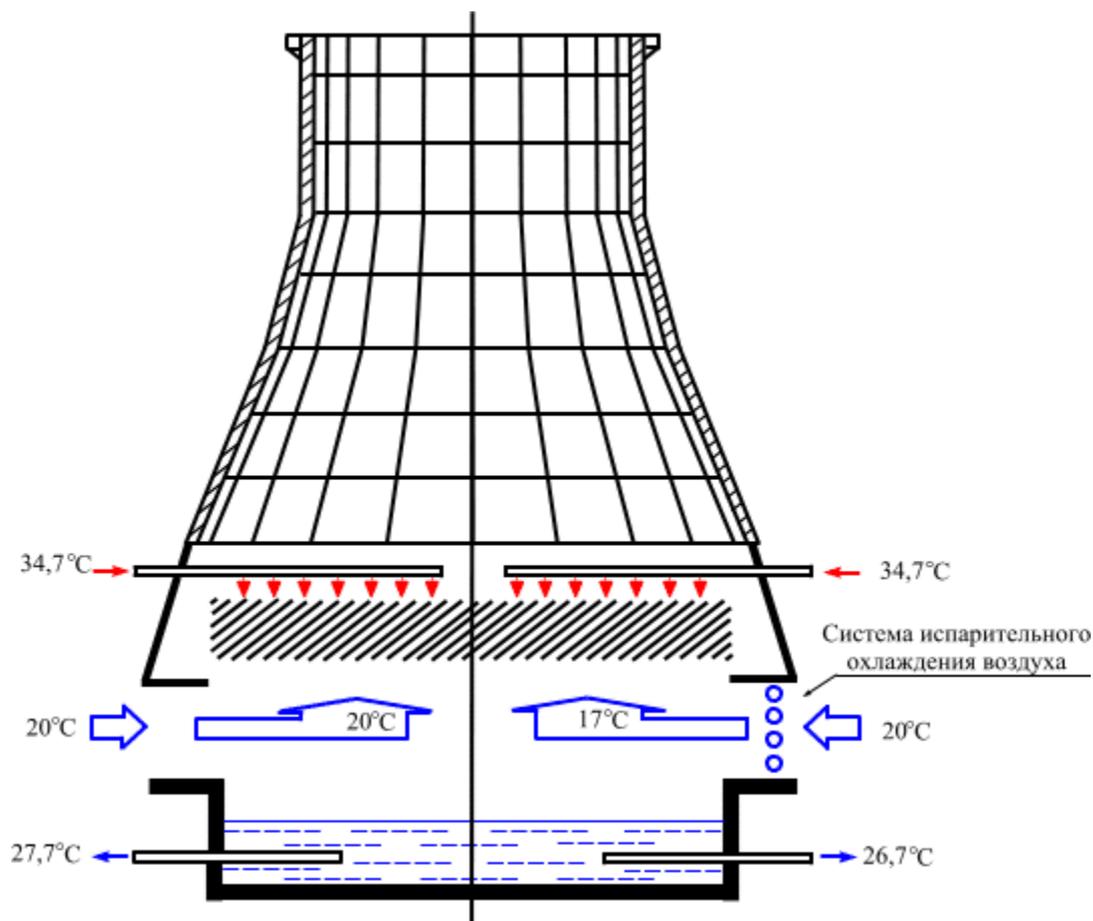


Рис.1 Схема потоков воздуха в градирне

Система испарительного охлаждения позволяет охладить подаваемый в градирню наружный воздух на  $2^{\circ}\text{C}$  при распылении  $1 \text{ г/м}^3$  воздуха. Рассматривается вариант распыления  $1,5 \text{ г/м}^3$ , при этом охлаждение всасываемого воздуха происходит на  $3^{\circ}\text{C}$ . Стоит отметить, для того чтобы не был нарушен процесс испарительного охлаждения в градирне, влажность подаваемого в градирню воздуха не должна превышать 80%. Таким образом, существует предельное значение по количеству распыляемой влаги, так для климатических условий Татарстана это  $1,5 \text{ г/м}^3$ . В связи с этим были проанализированы фактические температуры наружного воздуха в период с мая по сентябрь 2014 года для г. Набережные Челны. В качестве примера на рис. 2-3 представлены графические зависимости распределения температуры наружного воздуха.

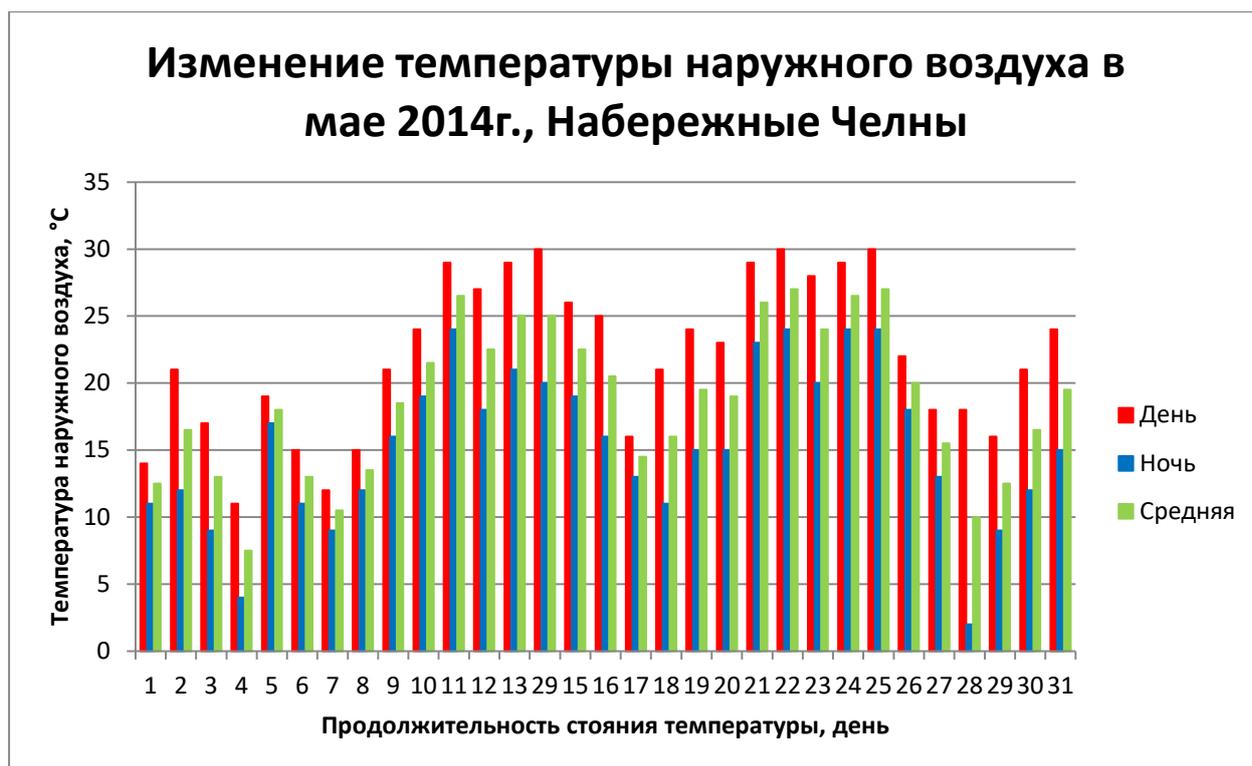


Рис. 2 Изменение температуры наружного воздуха в мае 2014г., г. Набережные Челны

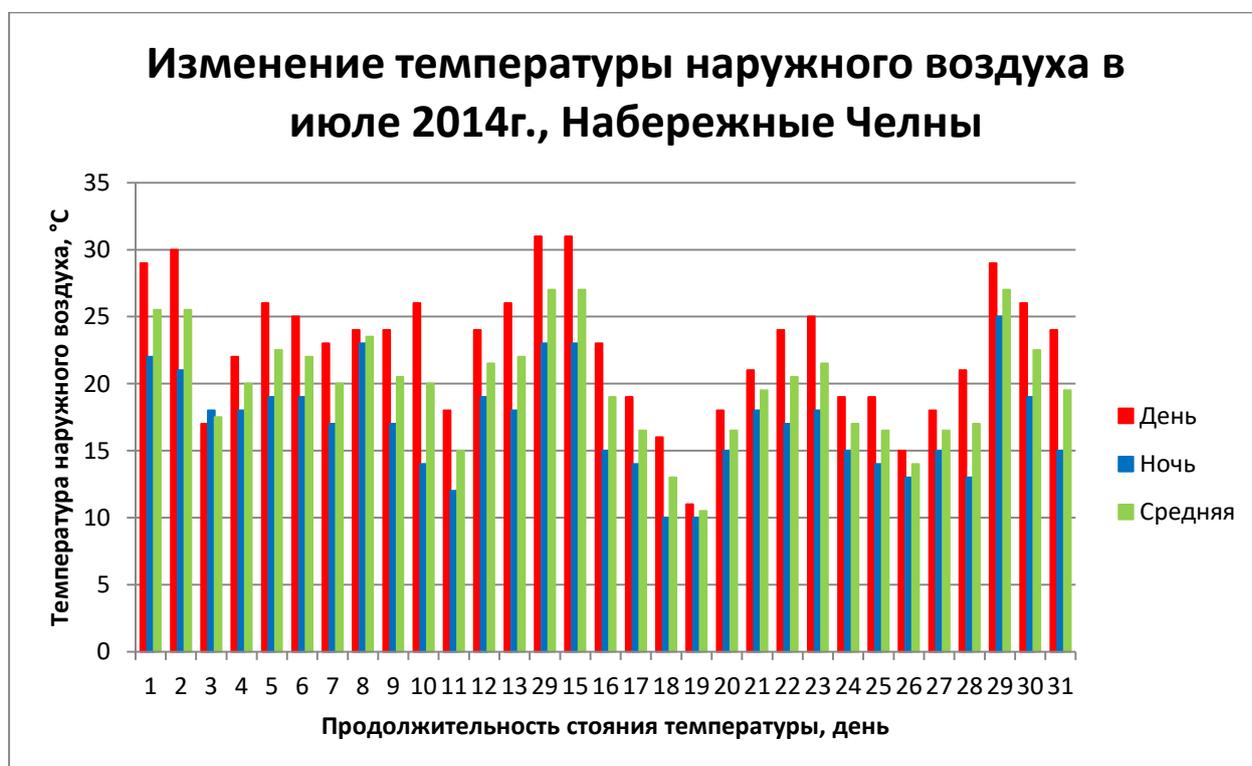


Рис. 3 Изменение температуры наружного воздуха в июле 2014г., г. Набережные Челны.

Анализ изменения температур наружного воздуха в период с июня по август показал, что среднесуточная температура составила  $19,45^{\circ}\text{C}$ . В мае наружная температура воздуха составила  $18,71^{\circ}\text{C}$ , а в сентябре и вовсе  $13,57^{\circ}\text{C}$ . Значения среднедневных и средненочных температур за самый жаркий период (июль) составили  $22,71^{\circ}\text{C}$  и  $17,06^{\circ}\text{C}$  соответственно. Максимальная температура воздуха за летний период поднималась до отметки  $31^{\circ}\text{C}$  и длилась всего лишь два дня. Таким образом, в течении летнего периода 2014 года было возможно два режима работы СИОВ – это распыление  $1\text{ г/м}^3$  и  $1,5\text{ г/м}^3$ .

Учитывая вышесказанное, важным условием эффективной работы СИОВ является обеспечение точного контроля параметров всасываемого в градирню охлаждаемого воздуха и поддержание их на заданном уровне, что приводит к усложнению эксплуатации системы.

Как следует из номограммы (рис.2) температура охлажденной оборотной воды после СИОВ составит  $26,7^{\circ}\text{C}$  при температуре воды, подаваемой на охлаждение  $t_{\text{гор.}} = 34,7^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, температура охлажденной воды снизилась на  $1^{\circ}\text{C}$ .

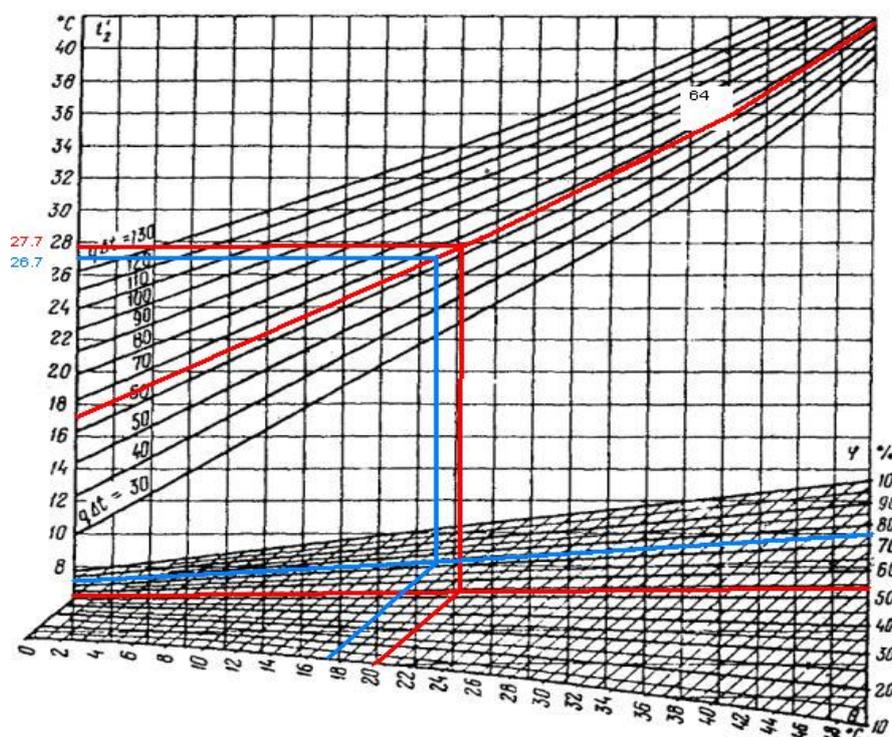


Рис. 2 Процесс охлаждения воды при температуре наружного воздуха  $+20^{\circ}\text{C}$ .

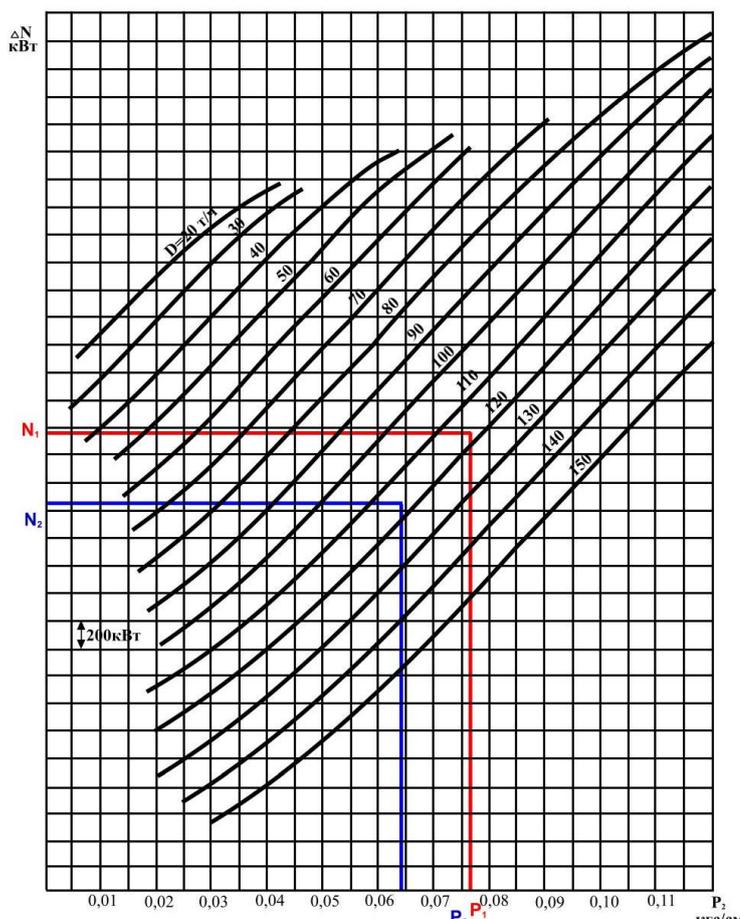


Рис. 3. Характеристика турбины ПТ-60-130/13

Для турбины марки ПТ60-130/13 число часов работы в летний период года принято  $\tau = 3600$  часов. За летний период была принята продолжительность стояния температуры  $+17^\circ\text{C}$  и выше. Снижение температуры оборотной воды на входе в конденсатор на  $1^\circ\text{C}$  приводит к увеличению выработкем электроэнергиина 250 кВтч[1]. Экономический эффект за весь период работы составит:

$$N_3 = \tau 250 = 3600 250 = 900\,000 \text{ кВт.}$$

Удельный расход тепла на турбину марки ПТ60-130/13 согласно данным ПТО станции за 2014 год составляет 1577 ккал/кВтч, при этом экономия удельного расходатебла составит:

$$q_T^H = 1577 900\,000 = 1\,419\,300\,000 \text{ ккал/год} = 1419,3 \text{ Гкал/год}$$

$$1 \text{ т.у.т} = 7 \text{ Гкал, получим:}$$

$$q_{уд} = 1419,3 / 7 = 202,758 \text{ т.у.т.}$$

При стоимости 1 т.у.т.=3527 рублей (по данным ПТО станции за период 2014г.), экономический эффект составит:

$$\mathcal{E} = 202,758 3527 = 715\,124 \text{ рублей.}$$

Паспортный расход оборотной воды на конденсатор турбины марки ПТ60-130/13 составляет 8000 м<sup>3</sup> при паспортном расходе градирни 20800 м<sup>3</sup>/ч. Следовательно градирня марки БГ 2600 может работать в цикле с 2 конденсаторами турбин ПТ60-130/13. Таким образом экономический эффект от снижения температуры циркуляционной воды будет вдвое больше 1430248 руб. В таблице 1 представлены результаты простого срока окупаемости системы испарительного охлаждения воздуха для градирни БГ-2600. Расчеты выполнены для фактических летних условий 2014 года.

Таблица 1. Результаты расчета простого срока окупаемости системы испарительного охлаждения воды

Исходные данные		
Наименование	Единица измерения	Величина
Стоимость системы испарительного охлаждения воды	руб.	11 110 000
Тариф на электроэнергию	руб./кВт ч	1,256
Тариф на воду	руб./м <sup>3</sup>	6,3
Расчетные величины		
Стоимость строительства СИОВ (с учетом СМР, ПИР)	Руб.	17 039 000
Годовые расходы на эксплуатацию СИОВ:		
затраты на электрическую энергию	Руб./год	52 243
среднегодовые затраты на капитальный ремонт	Руб./год	277 750
среднегодовые затраты на сервисное обслуживание (з/ч+сервис)	Руб./год	286 000
Амортизационные отчисления	Руб./год	1 703 900
Затраты на испаряемую воду	Руб./год	148 599,36
Всего расходы за год эксплуатации СИОВ:	Руб./год	2 468 492,36
Годовая экономия при эксплуатации СИОВ:		
экономический эффект при снижении температуры оборотной воды на 1°С	Руб./год	1 430 248
Срок окупаемости СИОВ	лет	7,8

В виду ограниченного количества распыляемой воды на процесс испарения в СИОВ в условиях климатической зоны республики Татарстан предлагаемое техническое решение является неэффективным.

Также стоит обратить внимание на то, что СИОВ требовательна к качеству распыляемой воды в связи с маленьким выходным сечением форсунок 0,2 мм. Необходимо строго контролировать степень насыщения воздуха, подаваемого в градирню.

Наиболее предпочтительными условиями применения СИОВ являются южные районы с длительным стоянием высоких температур и низкой влажностью воздуха [3].

#### Список литературы

1. Рузанков В.Н., Ладицкая Н.В., Круглов Г.А., Данилин В.М. Типовая нормативная характеристика турбоагрегата ПТ-60-130/13 ЛМЗ.: утверждено гл. инж. Главтехуправления по эксплуатации энергосистем В.

Зубенко 18.09.1974г.

2. Лаптев А.Г., Ведьгаева И.А. Устройство и расчет промышленных градирен: Монография. Казань: КГЭУ, 2004. – 180 с.

3. Технический отчет «Определение экономического эффекта градирни №2 Астраханской ТЭЦ-2 от внедрения системы испарительного охлаждения наружного воздуха». С. Петербург: ОАО «ВНИИ гидротехники им. Б.Е. Веденеева», 2007. – 25 с.