

УДК 628.113:621.039.534.25

## **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ АКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЦИРКУЛЯЦИИ ВОД ОХЛАЖДЕНИЯ ПРУДОВ–ОХЛАДИТЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ ХМЕЛЬНИЦКОЙ АЭС**

**С.Т. Мирошниченко<sup>1</sup>, к.т.н., доц., А.П. Швец<sup>2</sup>, асп.**

<sup>1</sup>*Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности*

<sup>2</sup>*ГП НАЭК «Энергоатом», ОП Хмельницкая АЭС*

Исследовалась возможность введения в состав технологического процесса эксплуатации пруда-охладителя, дополнительных активных систем циркуляции охлаждаемых вод, а также возможности использования незадействованной части охладителя путем подачи водных масс в основной циркуляционный поток активными системами перемешивания. Кроме того, исследовалась эффективность использования рассматриваемых дополнительных систем и их влияние на среднюю температуру вод пруда-охладителя, подаваемых в приемный трубопровод систем технической воды охлаждения энергетического оборудования энергоблоков.

### **Введение**

При эксплуатации прудов-охладителей атомных и тепловых станций существует вероятность снижения эффективности охлаждения энергетического оборудования, охлаждаемого системой технической воды, вызванное чрезмерно высокой температурой воды пруда-охладителя в точке забора охлаждающей воды, что существенно может ухудшить показатели теплоотвода и теплообмена и, соответственно, качественных показателей эксплуатации энергетического оборудования предприятия.

В то же время это обстоятельство делает невозможным введение дополнительных производственных мощностей или создание резерва по надежности и бесперебойной эксплуатации оборудования. Данная проблема может скрываться в недостаточно проведенном анализе розы ветров в районе пруда-охладителя в процессе проектирования, а также неэффективной циркуляции вод по акватории водоема, в процессе работы АЭС сформировался наиболее короткий путь движения потока, практически исключивший участие объемов воды в дальних наиболее глубоких участках водоема (зона А, рис. 1).

Данную проблему частично способна решить предлагаемая активная система дополнительной циркуляции вод охлаждения, которая производит подачу «холодных» масс воды из «застойных» и малоиспользуемых зон водоема-охладителя.

### **Постановка цели научного исследования**

Целью исследования является анализ возможности введения в состав технологического процесса эксплуатации пруда-охладителя Хмельницкой АЭС дополнительных зон пруда-охладителя из ранее мало используемых зон водоема. В них показатели водных масс имеют более низкие температуры по сравнению с основной площадью водоема из-за конструктивных особенностей водоема, влияния погодных факторов и показателей перемещения водных масс.

### Анализ проекта, конструкция и назначение дополнительной активной системы циркуляции вод охлаждения в акватории пруда-охладителя Хмельницкой АЭС

Одной из серьезных проблем, влияющих на нормальную работу Хмельницкой АЭС, на экономичность ее эксплуатации, являются граничные показатели температуры охлаждающей воды в пруде-охладителе в отдельные месяцы эксплуатации АЭС: в летние месяцы (июль - август) температура воды достигает 31...32,5 °С при том, что граничным показателем температуры для технических вод охлаждения является 33 °С. Такое состояние температурного режима охлаждающей воды, безусловно, ограничивает возможности нормальной эксплуатации энергетического оборудования и энергоблоков ХАЭС в целом.

В то же время анализ температурных показателей акватории пруда-охладителя по площади и глубине позволяет предположить возможность повышения эффективности работы пруда-охладителя:

- анализ движения вод и температурного режима охлаждающей воды от точки сбрасываемых вод до точки забора позволяет отметить, что поток практически не охватывает отдельные зоны А (рис. 1) пруда-охладителя;
- зона А пруда-охладителя, фактически не задействованная в круговороте системы охлаждения энергетической установки, характеризуется следующими параметрами: достаточно большой глубиной (15 ...19 м) и сравнительно низкой температурой (19...24 °С) по сравнению со средней температурой технических вод в целом;
- значительна площадь неохваченной зоны: согласно проведенным исследованиям, зона А составляет 13...15 % общей площади пруда-охладителя.

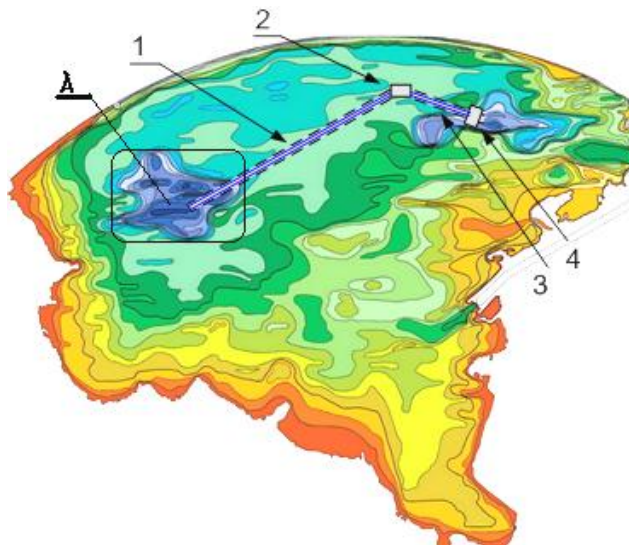


Рис. 1. Принципиальная схема размещения системы: 1 – подводные трубопроводы; 2 – машинное отделение системы; 3 – напорные трубопроводы; 4 – конструкция успокоителя и расщепителя сбрасываемого потока

Таким образом, возникает резерв водных масс, которые возможно подавать в жаркий период года в зоны водозабора блочных насосных станций атомной электростанции, обеспечив тем самым снижение температуры подаваемой на водозабор воды. Для этого необходимо создание и использование дополнительной активной системы подачи воды, которая вступает в работу периодически, при высоких тепловых нагрузках на гидротехническое сооружение (работа на 85...100 % мощности двух имеющихся

энергоблоков), высоких показателях средней атмосферной температуры жаркого времени года (28...33 °С и выше) и неблагоприятной ветровой нагрузке.

В функционирование данной системы заложен принцип отбора воды из глубоких частей «застойных» зон пруда охладителя и подачи в зону водозабора подводящего канала блочных насосных станций. В процессе смешения дополнительно подаваемых «холодных» водных масс с общим потоком происходит снижение средней температуры подаваемой технической воды.

Технически, рассматриваемая система состоит из: подводящих и напорных трубопроводов, активной насосной станции и успокоителя сбрасываемого потока.

В качестве проектного решения предлагается следующая схема размещения системы в акватории пруда-охладителя. Активная насосная часть должна располагаться в северной части гидротехнического сооружения в здании машинного отделения, от которого, в юго-западном направлении подводятся два подающие трубопровода диаметром 3000 мм и протяженностью 2500...2700 метров. В юго-восточном направлении от машинного отделения системы отводятся два напорных трубопровода диаметром 2400 мм протяженностью 500...700 метров, которые заканчиваются успокоителем и рассекателем сбрасываемого потока. Схематически размещение дополнительной активной системы циркуляции вод пруда охладителя для Хмельницкой АЭС представлено на рис. 1.

Для корректной работы системы, всасывающие трубопроводы объединены между собой байпасной линией диаметром 3000 мм у границ машинного отделения, что позволяет обеспечить выравнивание динамической нагрузки водного потока. Трубопровод рециркуляции оснащен обратными клапанами с гидравлическим приводом, что исключает работу системы на непредусмотренную рециркуляцию потока во время работы одного канала системы. Также, для выравнивания гидростатических показателей работы системы, подающие трубопроводы объединяются в общую аванкамеру из  $\square$  ксплзу бетонных конструкций, закрепленных стальными опорами, служащими ребрами жесткости. На подающих трубопроводах имеются сифонные прорези, которые выполняют функцию успокоителей потока и служат средством выравнивания динамической нагрузки для уменьшения попадания в тракт илистых отложений. Использование аванкамеры, также, обусловлено критериями ремонтпригодности насосного оборудования и создания фундаментной части машинного отделения. Принципиальная конструкция машинного отделения системы представлена на рис. 2.

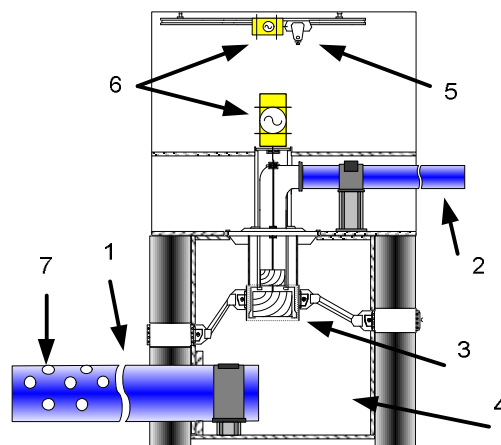


Рис. 2. Машинное отделение, конструкция принципиальная: 1 – подводящие трубопроводы; 2 – напорные трубопроводы; 3 – насосная часть; 4 – аванкамера; 5 – ремонтное оборудование; 6 – электроприводы; 7 – сифонные прорези

Критерием успешности работы системы является проектное выполнение заданной функции снижения средней температуры подаваемой на водозабор технической воды в пределах 2...3,5 °С, от средней температуры в подводящем канале блочных насосных станций. Этот критерий рассчитан по формуле

$$T_1 \cdot G_1 \cdot c_{p1} + t_2 \cdot G_2 \cdot c_{p2} = t_3(G_1 + G_2) c_{p3}, \quad (1)$$

где  $c_{p1}$ ,  $c_{p2}$ ,  $c_{p3}$  – удельная теплоемкость охлаждающей воды в основном потоке, дополнительном из зоны А, и в смешанном потоке на входе в насосы, [Дж/(кг °С)];

$t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  – температура охлаждающей воды в основном потоке, дополнительном из зоны А, и в смешанном потоке на входе в насосы, [°С];

$G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$  – расход охлаждающей воды в основном потоке, дополнительном из зоны А, и в смешанном потоке на входе в насосы, [кг/ч].

Так как  $c_{p1} = c_{p2} = c_{p3}$  – при температуре 25 ... 32 °С значения удельной теплоемкости охлаждающей воды практически равны, поэтому выражение (1) можно упростить:

$$t_1 \cdot G_1 + t_2 \cdot G_2 = t_3 (G_1 + G_2), \quad (2)$$

отсюда

$$t_3 = \frac{G_1 t_1 + G_2 t_2}{G_1 + G_2} \quad (3)$$

или

$$G_1(t_1 - t_3) = G_2(t_3 - t_2). \quad (4)$$

Выражения (3) и (4) позволяют, задаваясь температурой воды в зоне А ( $t_2$ ) и средней температурой водоема в летний период ( $t_1$ ), определить необходимое количество “холодной” воды из зон А ( $G_2$ ) для смешения с основным потоком, чтобы получить необходимое снижение средней температуры охлаждающей воды на 2...3 градуса до 29...30 °С.

Для апробации расчета эффективности работы системы при условии максимального консерватизма на гидротехническом сооружении Хмельницкой АЭС были взяты граничные показатели накладываемых факторов погодных показателей и эксплуатационной нагрузки.

Если принять  $t_1 = 32$  °С;  $t_2 = 22$  °С;  $G_1 = 49,0 \cdot 10^4$  м<sup>3</sup>/ч;  $G_2 = 19,2 \cdot 10^4$  м<sup>3</sup>/ч – 40 % общего объема основного потока, то в результате смешения двух потоков воды получим температуру охлаждающей воды на входе в насосы  $t_3 = 29,5$  °С.

Таким образом, используя проверочное расчетное выражение (3), задаваясь граничными параметрами охлаждающей воды водоема в параметрах летнего периода  $t_1 = 32$  °С, средней температурой воды в зоне А ( $t_2 = 22$  °С) и приняв расход “холодной” воды из зоны А в 40 % общего объема подаваемой воды, мы получили конечную температуру воды на входе в насосную станцию  $t_3 = 29,5$  °С. Полученный результат подтверждает сделанное предположение о возможности использования для снижения температуры воды, подаваемой на охлаждение оборудования АЭС и на конденсационную установку, внутренних резервов водоема.

### Выводы

Расчетный анализ поставленной задачи и ее детерминирование показали положительный теоретический результат от внедрения предлагаемой технологической систе-

мы, направленной на снижение средней температуры технической воды в подводящем канале пруда–охладителя Хмельницкой АЭС в период нормальной эксплуатации двух энергоблоков при завышенных температурных показателях пруда-охладителя. Предлагаемая система может послужить вспомогательной подсистемой технологического оборудования для поддержания качества технической воды в отношении снижения максимальной температуры в подводящем канале блочных насосных станций.

## **ДОДАТКОВІ АКТИВНІ СИСТЕМИ ЦИРКУЛЯЦІЇ ВОД ОХОЛОДЖЕННЯ СТАВКІВ-ОХОЛОДЖУВАЧІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ПРИКЛАДІ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ АЕС**

**С.Т. Мирошниченко, О.П. Швець**

Досліджувалась можливість уведення до складу технологічного процесу експлуатації ставка-охолоджувача додаткових активних систем циркуляції охолоджуваних вод, а також можливості використання незадіяної частини охолоджувача шляхом подачі водних мас в загальний циркуляційний потік активними системами перемішування. Крім того, досліджувалась ефективність використання розглянутих додаткових систем і їх вплив на середню температуру вод ставка-охолоджувача, що подаються в приймальний трубопровід систем технічної води охолодження енергетичного устаткування енергоблоків.

## **ADDITIONAL ACTIVE SYSTEMS of COOLING PONDS WATER CIRCULATION for ENERGETIC ENTERPRISES on the EXAMPLE of KHMELNITSKY NPP**

**S. Miroshnichenko, A. Shvets**

The possibility of the additional active cooling water circulation systems introduction into the technological cooling pond operating process and also the using possibility of the off-line cooler part by means of water masses feeding to the main circulation flow by active mixing systems have been considered. The efficiency of such additional systems using and their influence on the average temperature of cooling water fed to the suction systems of technical water cooling energy power units was studied.

### **Список использованных источников**

1. Окончательный отчет по Анализу безопасности. Общее описание атомной электростанции 43-923.203.254.ОБ.01.РЕД.1.Ф 2011 / Министерство энергетики и угольной промышленности Украины, ОАО «Киевский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт «ЭНЕРГОПРОЕКТ», Хмельницкая АЭС. – Т. 1. – Гл. 1. – 336 с.
2. Окончательный отчет по Анализу безопасности. Характеристика района и площадки АЭС 43-923.203.254.ОБ.02.РЕД.1.Ф 2011 / Министерство энергетики и угольной промышленности Украины, ОАО «Киевский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт «ЭНЕРГОПРОЕКТ», Хмельницкая АЭС. – Т. 2. – Гл. 2. – 209 с.
3. Технический паспорт гидротехнических сооружений № 0.ГК.2316.ПА-04 2004 / Министерство энергетики и угольной промышленности Украины, Хмельницкая АЭС. – 38 с.
4. Паспорт технического состояния сооружения № 0.ГК.0171.ПА-10 2010 / Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры. – 47 с.

Надійшла до редакції 28.11.2013 р.