

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ АЭС ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ ГЕЛЛЕРА

И.Д. Абрамов*, И.А. Ростунцова*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, rostunzeva@mail.ru*

Аннотация. Рассмотрена целесообразность применения системы Геллера, использующая сухие градирни в схемах технического водоснабжения АЭС как альтернатива пруду-охладителю. Для повышения эффективности охлаждения в системе Геллера рассмотрена целесообразность использования контактных конденсаторов. Проведено сравнение охлаждения циркуляционной воды в пруду-охладителе и в системе Геллера. Сравнение проведено по значениям электрической мощности, полученных при изменении параметров в конденсаторе в зависимости от температуры охлаждающей воды.

Ключевые слова: техническое водоснабжение, система Геллера, теплообменник Форго, электрическая мощность, конденсатор, охлаждающая вода.

IMPROVING NPP TECHNICAL WATER SUPPLY SYSTEM USING GELLER

I.D. Abramov*, I.A. Rostuntsova *

** Yuri Gagarin state technical university of Saratov,
Saratov, Russia, rostunzeva@mail.ru*

Annotation. The expediency of application of Geller using dry coolers in technical water supply schemes as an alternative to nuclear power plant cooling pond. To improve the cooling efficiency in the Geller examined usefulness contact capacitors. A comparison of Okhla, Suppress circulating water in the cooling pond and in the Geller. CHECK Deno comparing the values of electric power obtained by changing parameters in the condenser depending on the temperature of cooling water.

Keywords: technical water supply, Geller Forgo heat, electric power, condenser cooling water.

Схема технического водоснабжения - сложный природно-технический комплекс, входящий в состав низкопотенциальной части АЭС. Основными требованиями предъявляемые к техническому водоснабжению являются обеспечение бесперебойной и эффективной работы тепловой схемы станции за счет поддержания навыгоднейшего (экономического) вакуума в конденсаторах независимо от изменения режимов их эксплуатации и экологическая безопасность. Известные в настоящее время схемы технического водоснабжения с прудами-охладителями и градирнями [1] имеют ряд недостатков. Так, применение прудов-охладителей предусматривает размещение главного корпуса вблизи пруда. Насосы размещаются в береговой насосной станции. Это связано со значительными колебаниями уровня воды в водоёме (до нескольких метров). На сегодняшний день использование прудов-охладителей, несмотря на их достаточную эффективность охлаждения проблематично ввиду их возможного засоления и обрастание микроорганизмами, также необходимостью организации периодической продувки. Для систем охлаждения испарительного типа, использующие градирни необходимо значительное количество добавочной воды. Дренажные стоки с высокой концентрацией солей также способствуют загрязнению природных водоемов. Кроме того, туман, образуемый испарительными градирнями, оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду. Проектирование сухих градирен обеспечит решение проблем недостатка воды и экологического ущерба. Такая система выбрасывает только теплый и чистый воздух, который не вызывает необратимых процессов в окружающей среде и дает возможность сооружать электростанцию в отдаленных от источников воды местах.

Проведена оценка целесообразности применения системы Геллера, использующая сухие градирни в схемах технического водоснабжения АЭС как альтернатива пруду-охладителю. В системе Геллера (рис.1) тепло отработанного пара турбин поступает в замкнутую систему циркуляции конденсатора, которая обеспечивает дальнейший отвод и сброс тепла в окружающий воздух через систему мелкорребристых теплообменников типа Форго [2].

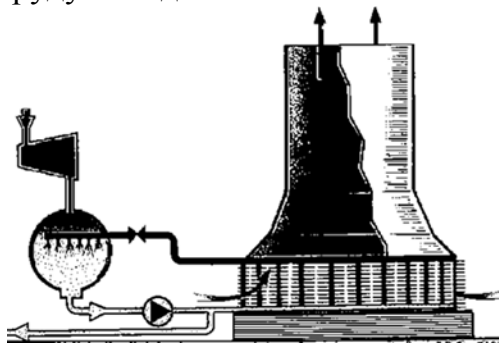


Рис. 1. Принципиальная схема системы Геллера

Теплообменники типа Форго обеспечивают экономичность осуществления воздушного охлаждения при помощи повышенной интенсификации теплоотдачи на воздушной поверхности. Основным конструкционным материалом теплообменников Форго, из которых собираются охладительные дельты, является чистый алюминий, обладающий высокими тепло-

передающими свойствами. По данным [2] применение сплошного плоского оребрения теплообменных трубок охладительных дельт системы Геллера, в отличие от широко применяемых спирально навитых теплообменных поверхностей, обеспечивает как увеличение интервалов между очисткой (отмывкой) охладительных дельт, так и легкость их отмывки с применением специального автоматического моющего оборудования. Охладительные дельты обладают высокой ремонтпригодностью, что выражается в относительной простоте ремонта и замены теплообменных трубок, монтируемых без сварки. Так же применяют усовершенствованные конструкции теплообменников с трубками из углеродистой стали (со стальными камерами) и с трубками из легированной стали (для энергоблоков АЭС с ресурсом 60 лет).

Проведено сравнение охлаждения циркуляционной воды в пруду-охладителе и в системе Геллера. Расчет выполнен для АЭС трехконтурного типа с реакторами БН-800 и турбоустановкой К-800-130. Сравнение проведено по значениям электрической мощности, полученных при изменении параметров в конденсаторе в зависимости от температуры охлаждающей воды. Принято, что при перерасчете новые значения параметров в конденсаторе будут влиять только на работу, совершаемую в последнем отсеке турбины, а параметры подогревателей и деаэратора останутся неизменными в течение года.

По температуре пара определено давление насыщения в конденсаторе:

$$P_{\kappa} = f(t_{\kappa}).$$

По полученному значению давления пара в конденсаторе определена энтальпия пара на входе в конденсатор по h-s диаграмме:

$$h_{\kappa} = f(P_{\kappa}).$$

Используя новое значение энтальпии пара в конденсаторе, произведен пересчет тепловой схемы на номинальном режиме. Используя формулы теплового расчета блока, рассчитаны соответствующие параметры конденсатора на весь период расчёта и определено значение мощностей. Полученные значения сведены в таб.1.

им значения электрических мощностей

Месяц	Температура насыщения (прудоохладитель)	Температура насыщения (система Геллера)	Давление насыщения (прудоохладитель)	Давление насыщения (система Геллера)	Энтальпия (прудоохладитель)	Энтальпия (система Геллера)	Электрическая мощность (прудоохладитель)	Электрическая мощность (система Геллера)
				$P_K^Г, \text{кПа}$		$h_K^Г, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$		$N_3^Г, \text{МВт}$
Январь	22,3	22,25	2,694	2,686	2307,2	2307,2	823,6	823,5
Февраль	22,2	23,7	2,678	2,915	2305,6	2320	824,5	816,3
Март	22,8	23,1	2,777	2,828	2308,8	2309,2	822,7	822,5
Апрель	25,2	29,55	3,208	4,138	2326,4	2348,8	812,6	799,7
Май	31,1	32,7	4,522	4,951	2358,4	2368	794,26	788,7
Июнь	35,9	37,85	6,063	6,579	2387,2	2254	777,7	773,15
Июль	37,1	39,45	6,316	6,273	2393,6	2403,2	774,07	768,56
Август	34,8	35,9	5,567	5,915	2380,8	2368	781,4	777,7
Сентябрь	28,8	32,3	3,963	4,841	2345,6	2366,4	801,6	789,67
Октябрь	22,4	29,05	2,71	4,021	2308	2346,4	823,16	801,1
Ноябрь	22,5	22,6	2,727	2,744	2308,4	2308,44	822,9	822,5
Декабрь	22,2	22,25	2,678	2,686	2307,2	2307,6	823,6	823,4

Для повышения эффективности охлаждения в системе Геллера рассмотрена целесообразность использования контактных конденсаторов. Применение контактных конденсаторов обеспечивает снижение температурного напора в конденсаторе с 3-4°C - для поверхностных конденсаторов, до 0,1-1,0°C. То есть наблюдается более глубокий вакуум конденсаторе.

Определены среднегодовые значения мощностей с использованием различных систем охлаждения по следующему выражению:

$$N_{3,ср.}^Г = \frac{\sum N_{3,i}^Г \cdot \tau_i}{\sum \tau_i}$$

где: $N_{3,i}^Г$ – электрическая мощность для i-го месяца, МВт; τ_i – число часов в i-том месяце, ч.

Расчётные значения электрических мощностей представлены в табл. 2.

Таблица 2. Расчётные значения среднегодовой электрической мощности блока К-800-130 при охлаждении в пруду-охладителе и в системе Геллера

Месяц	Мощность (пруд)	Мощность (градирня)	Время работы	Разность мощностей
		$N_3^Г, \text{МВт}$		$\Delta N_3, \%$
Январь	823,6	823,5	744	0,012
Февраль	824,5	816,3	672	0,995
Март	822,7	822,5	744	0,892
Апрель	812,6	799,7	720	1,587
Май	794,26	788,7	744	0,7
Июнь	777,7	773,15	720	0,585
Июль	774,07	768,56	744	0,703
Август	781,4	777,7	744	0,474

Месяц	Мощность (пруд)	Мощность (градирня)	Время работы	Разность мощностей
		$N_{э}^Г, \text{МВт}$		$\Delta N_{э}, \%$
Сентябрь	801,6	789,67	720	1,488
Октябрь	823,16	801,1	744	2,673
Ноябрь	822,9	822,5	720	0,049
Декабрь	823,6	823,4	744	0,024
Итого	823,6	823,5	8760	0,012

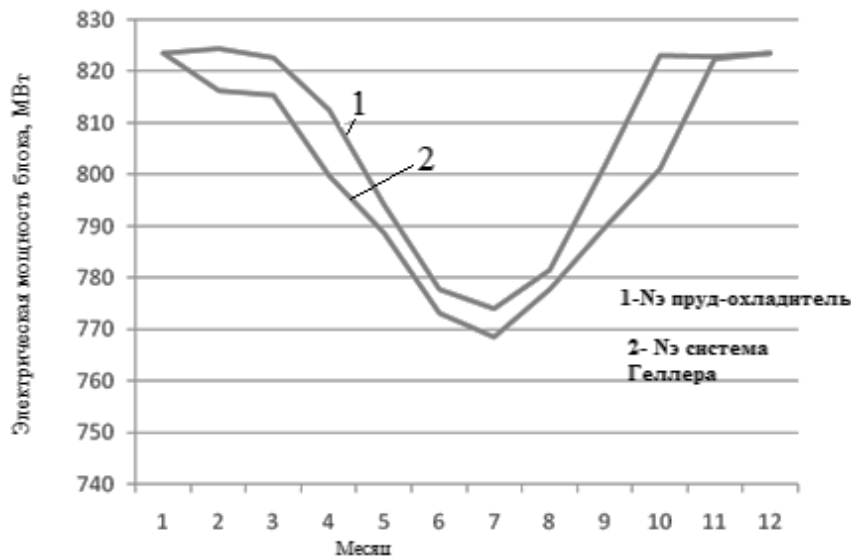


Рис. 1. Электрическая мощность блока по месяцам при разных системах технического водоснабжения

Получено, что использование сухой градирни системы Геллера с контактным конденсатором, практически не ухудшает вакуум в конденсаторе, т.е. разность мощностей блока при использовании двух систем охлаждения не превышает 2,7 %. При этом можно сделать вывод, что пруд-охладитель оказался более эффективной системой охлаждения, но при учете больших капитальных вложений и эксплуатационных затрат, и значительного влияния на окружающую среду целесообразнее в качестве охлаждающих устройств применять сухие градирни. Следует также отметить, что при увеличении электрической мощности блока в зимние периоды эффективность работы системы Геллера возрастает, так как отсутствует переохлаждение циркуляционной воды и разность мощностей блока в вариантах расчета изменяется в меньших пределах.

Библиографический список

1. Теплоэнергетика и теплотехника: Справочная серия: В 4 кн. / под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. 4-е изд. М.: Издательский дом МЭИ. 2007. 501с.
2. Охладительные системы Геллера для электрических станций. Референц-лист. ф. EGI. Венгрия.1991.