

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЭНЕРГБЛОКОВ № 1, 2 НОВОВОРОНЕЖСКОЙ АЭС-2

В.П. Поваров, Д.Б. Стацура, Д.Е. Усачев

*Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция»
396072, Воронежская обл., г. Нововоронеж, Промышленная зона Южная, 1*



Опыт эксплуатации энергоблока № 1 Нововоронежской АЭС-2 показывает, что в летний период значение температуры охлаждающей воды превышает проектную величину, что свидетельствует о недостаточной эффективности работы системы технического водоснабжения. Основным фактором, оказывающим негативное влияние на эффективность работы этой системы, является образование карбонатных отложений на оросителе градирни. На энергоблоке № 1 Нововоронежской АЭС-2 проведена очистка системы водораспределения градирни от карбонатных отложений методом комбинированного вибрационного и аэрогидравлического воздействия. Опробованный метод очистки оросителя нельзя считать оптимальным, так как основным этапом, определяющим продолжительность всей очистки, является сборка (разборка) оросителя градирни. Требуется продолжение изыскательских работ по выбору стратегии управления скоростью образования карбонатных отложений с учетом выявленного влияния конструктивных особенностей трубопроводов основной охлаждающей воды и трубопроводов системы водораспределения градирни на механизм образования отложений в периферийной области орошения.

В качестве компенсирующих мероприятий для обеспечения требуемого температурного режима оборудования турбоустановки на энергоблоке № 1 в летний период практикуется включение в параллельную работу резервных теплообменников системы смазки и резервного насоса системы охлаждающей воды неответственных потребителей. При таком решении существует риск непланового снижения электрической нагрузки при отключении этого оборудования в случае его неисправности.

Для повышения устойчивости работы энергоблоков в летний период предлагается выполнение на энергоблоках № 1, 2 Нововоронежской АЭС-2 ряда мероприятий, направленных на ослабление негативных последствий, вызванных повышением температуры технической воды.

Оцениваются варианты модернизации оборудования путем установки дополнительного насоса системы охлаждения потребителей здания турбины и (или) монтажа дополнительного трубопровода для подачи части подпиточной воды из р. Дон непосредственно к всасывающим трубопроводам насосов системы охлаждения потребителей здания турбины.

Ключевые слова: Нововоронежская АЭС-2, ВВЭР-1200, инженерная поддержка, техническое водоснабжение, опыт эксплуатации, модернизация, градирни.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение эффективной и надежной работы системы технического водоснабжения является одной из важнейших задач эксплуатации, от успешности решения которой зависят технико-экономические показатели АЭС в целом [1, 2].

На энергоблоках ВВЭР-1200 [3] Нововоронежской АЭС в составе общей системы технического водоснабжения для охлаждения конденсаторов турбины, а также отвода тепла от вспомогательного оборудования блока предназначены система основной охлаждающей воды и система охлаждения неответственных потребителей.

В статье представлены результаты анализа опыта эксплуатации этих систем, оцениваются возможности для повышения эффективности функционирования путем оптимизации условий и режимов работы с целью

- повышения устойчивости работы основного оборудования энергоблока;
- обеспечения выполнения условий регламентного состояния оборудования.

РЕЖИМЫ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Проектный режим работы конденсатора турбины обеспечивается при температуре охлаждающей воды на входе в диапазоне от $+12$ до $+31^{\circ}\text{C}$. При этих условиях возможен длительный режим работы турбоустановки без необходимости снижения мощности вслед за ухудшением вакуума в конденсаторе [4]. В соответствии с требованиями, установленными заводом-изготовителем турбины (ПАО «Силовые машины»), допустимое значение давления в конденсаторе составляет 12 кПа. В случае достижения этой величины оперативный персонал обязан разгрузить турбину и, как следствие, энергоблок в целом [5, 6]. Наиболее остро вопросы эффективности работы системы технического водоснабжения встают в летний период – ежегодно с мая по сентябрь включительно температура охлаждающей воды периодически превышает максимальное проектное значение $+31^{\circ}\text{C}$, что влечет за собой пропорциональное снижение мощности, вырабатываемой турбоустановкой (рис. 1).

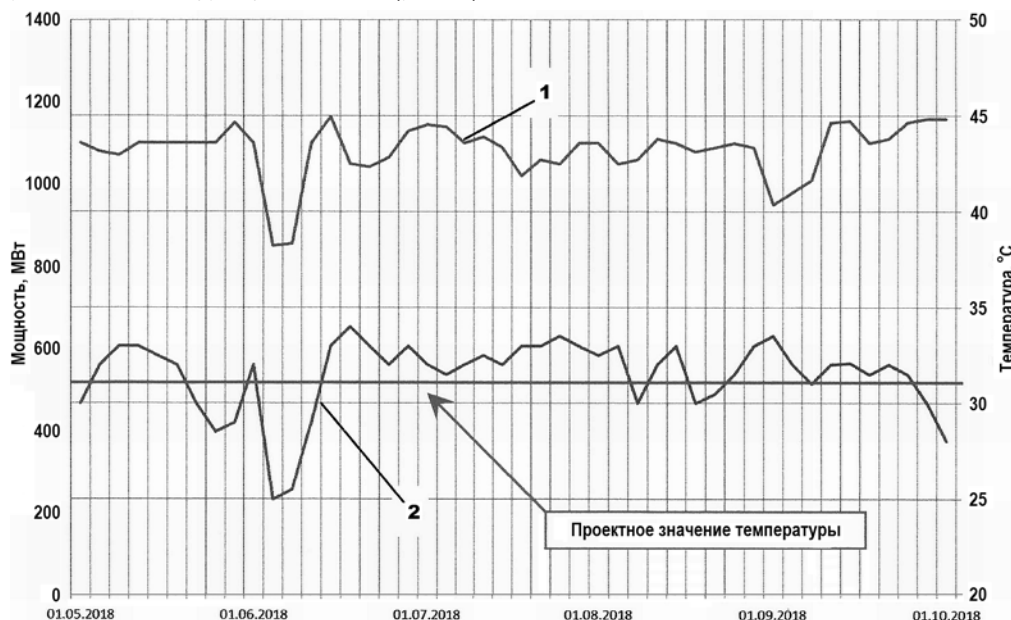


Рис. 1. Зависимость электрической мощности блока от температуры охлаждающей воды: 1 – мощность блока, МВт; 2 – температура охлаждающей воды

При повышенной температуре охлаждающей воды для обеспечения требуемого температурного режима технологических систем турбоустановки необходимо включение в

параллельную работу резервных теплообменников системы смазки и резервного насоса системы охлаждающей воды неответственных потребителей (РСС01АР001(002)), что увеличивает риск непланового снижения электрической нагрузки при их отключении в случае возникновения неисправности. При реализации данных мероприятий отсутствует резервное оборудование системы технической воды потребителей машзала [7], в случае отключения одного из работающих насосов возникает необходимость в снижении нагрузки энергоблока вследствие недостаточности охлаждающей способности теплообменного оборудования, в том числе маслоохладителей системы смазки.

В период с 01.05.2018 по 30.09.2018 гг. суммарная продолжительность параллельной работы насосов 10РСС01АР001(002) составляла более 100 суток.

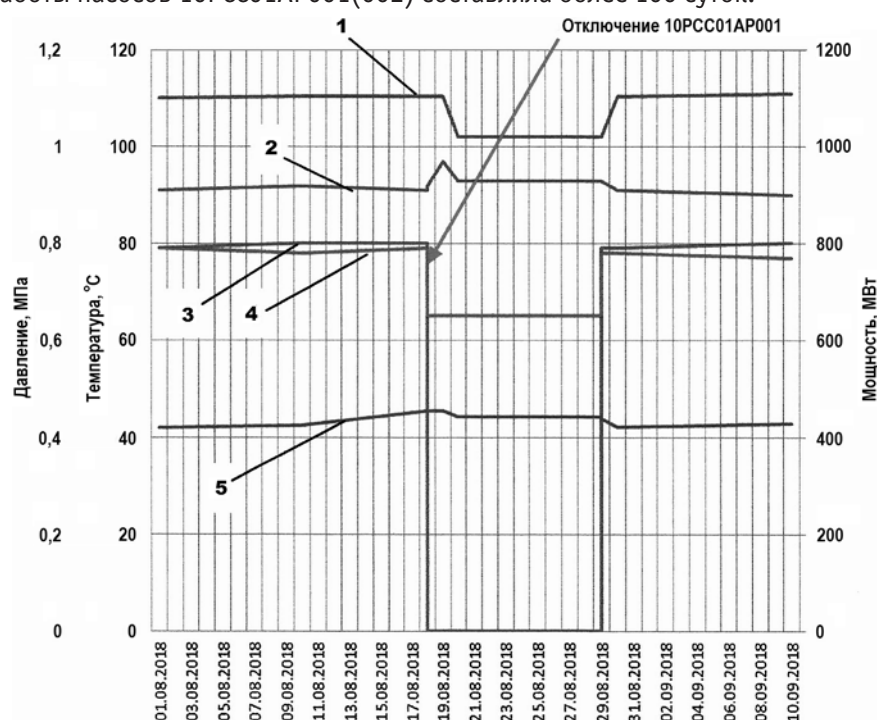


Рис. 2. Изменение параметров блока при отключении 10РСС01АР001: 1 – давление на напоре насоса 10РСС01АР001, МПа; 2 – давление на напоре насоса 10РСС01АР002, МПа; 3 – электрическая мощность блока, МВт; 4 – температура масла системы смазки, °C; 5 – температура баббита подшипников турбины, °C; 6 – температура масла на сливе с подшипников турбины, °C

19.08.2018 г. произошло аварийное отключение насосного агрегата 10РСС01АР001 вследствие заклинивания подшипникового узла. Изменение параметров работы энергоблока № 1 Нововоронежской АЭС-2 для описанного случая и режима работы представлено на рис. 2.

Из представленного графика следует, что на весь период ремонта электрическая мощность блока была снижена примерно на 50 МВт.

При этом необходимо учесть тот факт, что при отключении единственного работающего насоса, например, по общей причине, создаются исходные условия проектной аварии с потерей вакуума в конденсаторе турбины, с работой соответствующих систем безопасности [6, 8].

Таким образом, реализация мероприятий по повышению эффективности системы технического водоснабжения является в настоящее время одной из ключевых задач инженерной поддержки эксплуатации [9, 10].

К наиболее значимым факторам, приводящим к повышению температуры охлаждаю-

щей воды выше проектных величин, следует отнести

- образование карбонатных отложений на системе водораспределения градирни вследствие отклонений показателей водно-химического режима и особенностей конструкции технологических трубопроводов и каналов водораспределения градирни;
- образование дефектов в системе водораспределения;
- особенности конструкции технологических трубопроводов и каналов водораспределения градирни.

При эксплуатации оборотных систем охлаждающей воды за счет концентрирования солей, в том числе солей жесткости, и удаления углекислоты достигается пересыщение воды по карбонату кальция, что приводит к образованию отложений на поверхности теплообменного оборудования [11].

Наличие отложений на оросителе градирни негативно сказывается на его аэродинамическом сопротивлении, ухудшая его воздухопроницаемость. Кроме того, при значительной степени отложений уменьшается площадь соприкосновения воздуха и воды, нарушается пленочно-капельный режим работы оросителя и снижается эффективность теплообмена [12].

Повышенная температура охлаждающей воды также приводит к ускоренному загрязнению карбонатными отложениями теплообменных поверхностей охладителей всех типов (пластинчатых и трубчатых) и отводящих трубопроводов охлаждающей воды малого диаметра (Ду32 и менее).

Снижение образования карбонатных отложений достигается путем поддержания коэффициента упаривания в допустимых пределах, а также величины транспорта кальция на уровне 95 – 100%. При этих условиях скорость образования отложений на поверхности оросителя находится в допустимых пределах, что подтверждается контролем состояния образцов-свидетелей, размещенных равномерно по периферии зоны орошения градирни [13].

Резкое изменение показателей водно-химического режима возможно при изменении режима подпитки-продувки чаши градирни, например, при периодическом проведении биоцидной обработки воды или при нарушениях, связанных с уменьшением расхода подпиточной воды [14].

Рассмотрим подробнее технологическую схему и конструктивные особенности системы основной охлаждающей воды и системы охлаждающей воды неответственных потребителей.

Система основной охлаждающей воды и система охлаждающей воды неответственных потребителей выполнены по замкнутой схеме с многократной циркуляцией через теплообменное оборудование, систему водораспределения градирни (URA), водосборный резервуар градирни (URH), блочную насосную станцию (URS). В качестве охладителя предусмотрена башенная испарительная градирня на естественной тяге с противоточной схемой движения охлаждаемой воды и воздуха (рис. 3).

Нагретая вода проходит по четырем сливным трубопроводам и поступает в градирню через вертикальные водоподъемные каналы к распределительному уровню.

Внутренняя поверхность сливных трубопроводов системы основной охлаждающей воды имеет антикоррозионное полиуретановое покрытие. При эксплуатации этих трубопроводов выявлена возможность возникновения локального отслоения антикоррозионного покрытия, при этом возможен отрыв отслоившихся частей потоком воды.

Горизонтальные распределительные каналы системы водораспределения градирни соединены с верхней частью вертикальных водоподъемных каналов. Затем вода поступает через боковые распределительные трубы к форсункам орошения.

Горизонтальные распределительные каналы выполнены из железобетона и имеют два исполнения в части подключения боковых распределительных труб.

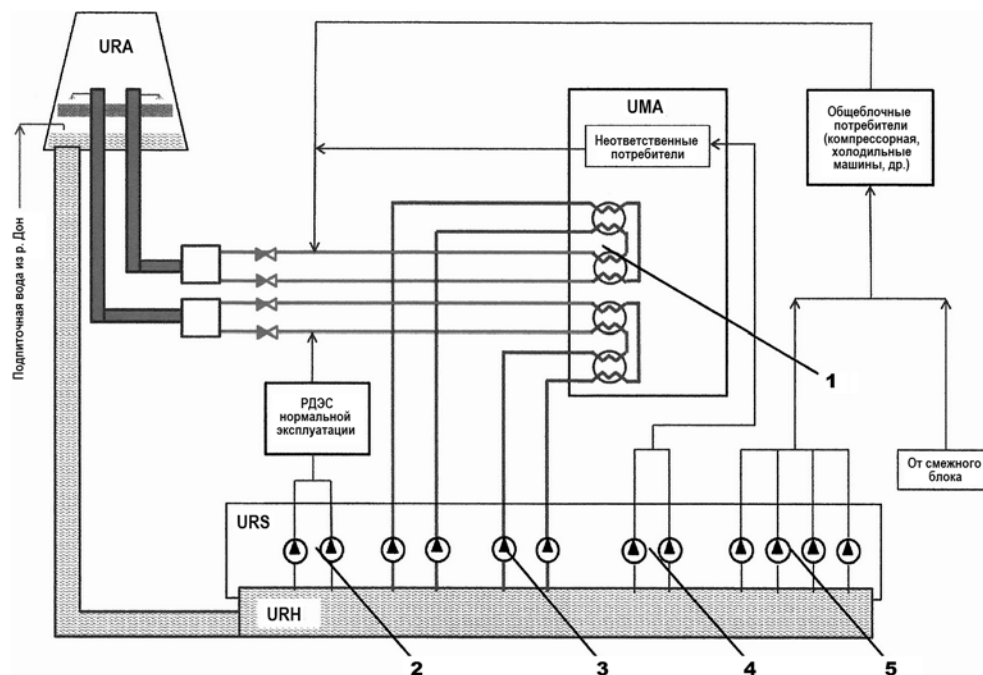


Рис. 3. Система технического водоснабжения: 1 – конденсатор турбины; 2 – насосы ПСС03 (2 шт.); 3 – циркуляционные насосы РАС (4 шт.); 4 – циркуляционные насосы ПСС01 (2 шт.); 5 – насосы ПСС04 (2 шт.); URA – градирня; URH – подводящий канал; URS – блочная насосная станция; UMA – здание турбины (машзал)

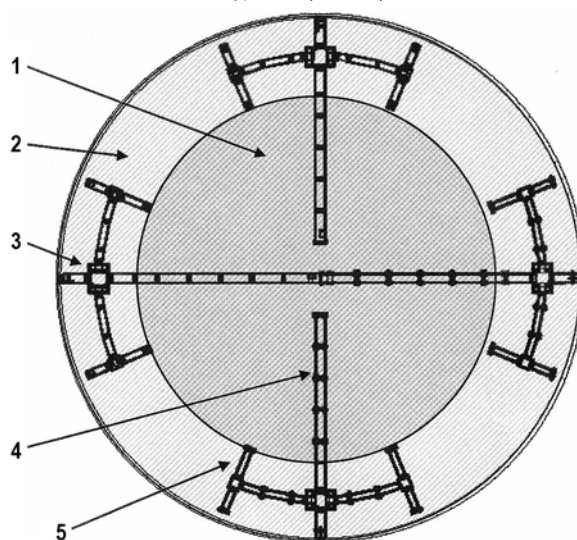


Рис. 4. Расположение каналов водораспределения: 1 – центральная зона; 2 – периферийная зона; 3 – водоподъемный канал; 4 – железобетонный канал центральных секторов орошения; 5 – железобетонный канал периферийных секторов орошения

Для периферийной зоны применены каналы внутренним размером по высоте 1200 мм, высота расположения оси горизонтальных распределительных трубопроводов составляет 700 мм относительно дна, а для центральной зоны применены каналы высотой 2400 мм, высота расположения оси горизонтальных распределительных трубопроводов – 1700 мм (рис. 4).

При осмотре системы водораспределения градирни в период планово-предупредительного ремонта были выявлены значительные карбонатные отложения на оросителе

и установлено следующее.

1. Образование карбонатных отложений происходит неравномерно – значительные карбонатные отложения были обнаружены преимущественно на периферийных секторах оросителя градирни (рис. 5).

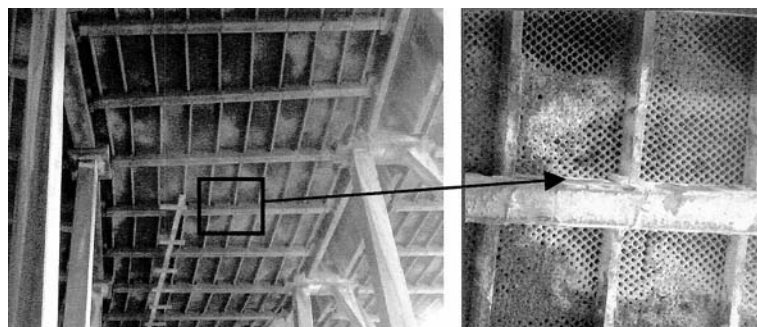


Рис. 5. Состояние оросителя периферийных секторов градирни

2. Выявлены случаи перекрытия проходного сечения форсунок частями отслоившихся элементов антикоррозионного покрытия (рис. 6). При этом максимальное количество забитых форсунок приходится на периферийные секторы градирни и имеет равномерный характер распределения, аналогичный распределению карбонатных отложений на оросителе.



Рис. 6. Характерные дефекты системы водораспределения градирни

Эти факты свидетельствуют о том, что образование карбонатных отложений обусловлено не только отклонениями водно-химического режима основной охлаждающей воды, но и конструктивными особенностями трубопроводов системы водораспределения градирни. Происходит сепарация посторонних предметов, находящихся в потоке охлаждающей воды и их осаждение преимущественно на поверхности элементов водораспределения периферийных секторов градирни.

Сочетание неработающих в проектом режиме форсунок вследствие перекрытия (полного или частичного) их входного отверстия, а также наличие некоторого количества отсутствующих форсунок или имеющих механические повреждения элементов деталей формирования факела распыла, вплоть до полного разрушения, приводит к отклонению режима работы оросителя градирни от расчетного, значительно меняя условия теплообмена между воздухом и распыленной водой.

ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Восстановление необходимых характеристик системы водораспределения: очистка и удаление отложений с оросителя, замена отдельных блоков оросителя, замена дефектных форсунок требуют значительных временных затрат. Вопросы выбора оптимального метода и технологии очистки оросителя градирни должны рассматриваться с учетом ее конструктивных особенностей, принятого водно-химического режима системы оборотного водоснабжения, требуют отдельного рассмотрения и не являются целью настоящей работы.

Помимо вопросов поддержания необходимых характеристик работы системы водораспределения градирни предлагается рассмотреть возможные варианты мероприятий, направленных на компенсацию негативных последствий влияния повышенной температуры охлаждающей воды на работу блока.

Монтаж перемычки между напорными трубопроводами системы охлаждающей воды неответственных потребителей машзала и напорными трубопроводами системы охлаждающей воды вспомогательных систем энергоблоков

Для охлаждения теплообменного оборудования вспомогательных систем энергоблока (холодильные машины, компрессорные установки) применены насосные агрегаты РСС04АР001–4 производительностью 500 м³/ч, напор которых составляет 68 м.

В связи с тем, что существует технологическая возможность временной запитки потребителей теплообменного оборудования вспомогательных систем от насосов блочной насосной станции (далее – URS) любого из блоков, можно направить весь расход от насосных агрегатов РСС04АР001–4 через дополнительную перемычку в напорные трубопроводы потребителей здания турбины (далее – UMA).

Выполнение перемычки можно осуществить в пределах здания URS между напорной частью трубопроводов системы охлаждающей воды потребителей здания UMA (от насосов РСС01АР001(002)) и напорной частью трубопроводов подачи воды для охлаждения потребителей здания холодильных машин и здания компрессорной (от насосов РСС04АР001, 002, 003, 004) (рис. 7).

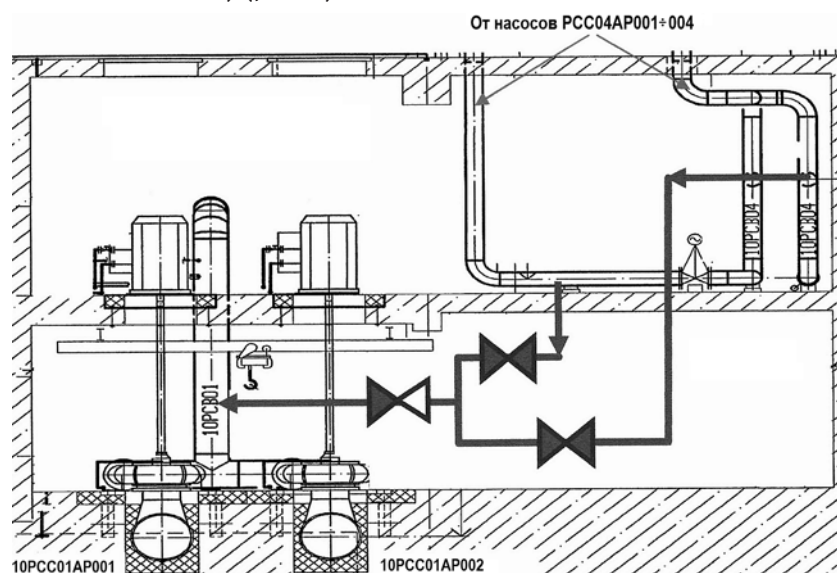


Рис. 7. Вариант исполнения перемычки

Анализ водопотребления в системе охлаждающей воды неответственных потребителей показывает, что для потребителей здания UMA минимальный необходимый рас-

ход составляет не менее $2600 \text{ м}^3/\text{ч}$ (для зимних условий), для летних условий данная величина практически удваивается. Суммарный возможный расход через рассматриваемую перемычку составит не более $2000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Использование перемычки возможно только в периоды одновременной работы энергоблоков № 1, 2 Нововоронежской АЭС-2, так как необходимо обеспечить постоянное охлаждение теплообменного оборудования вспомогательных систем энергоблока (холодильные машины, компрессорные установки). Данное условие не выполняется при выводе одного из блоков в планово-предупредительный ремонт и требует значительного объема технологических переключений по восстановлению штатной системы охлаждения в случае внепланового останова одного из блоков.

Выполнение перемычки между напорными трубопроводами системы охлаждающей воды неответственных потребителей позволит обеспечить расход технической воды, необходимый лишь для обеспечения работы БРУ-К, который в зависимости от времени года оценивается на уровне $600 - 1200 \text{ м}^3/\text{ч}$, что обеспечивается работой двух – трех насосов системы РСС04.

Таким образом, выполнение перемычки между напорными трубопроводами системы охлаждающей воды неответственных потребителей может рассматриваться только в качестве резервной схемы расхолаживания в дополнение к существующим системам расхолаживания реакторной установки.

Установка дополнительного насоса системы охлаждения потребителей здания турбины

Для снижения температуры технологических сред и параметров основного технологического оборудования машзала, для обеспечения регламентного состояния оборудования (прежде всего наличие резервных теплообменников системы смазки) необходимо увеличение расхода на потребителей. На основании расчетов, полученных посредством реализованной в системе интеллектуальной поддержки оператора программной модели блока [15], величина необходимой добавки расхода оценивается на уровне $1500 \text{ м}^3/\text{ч}$.

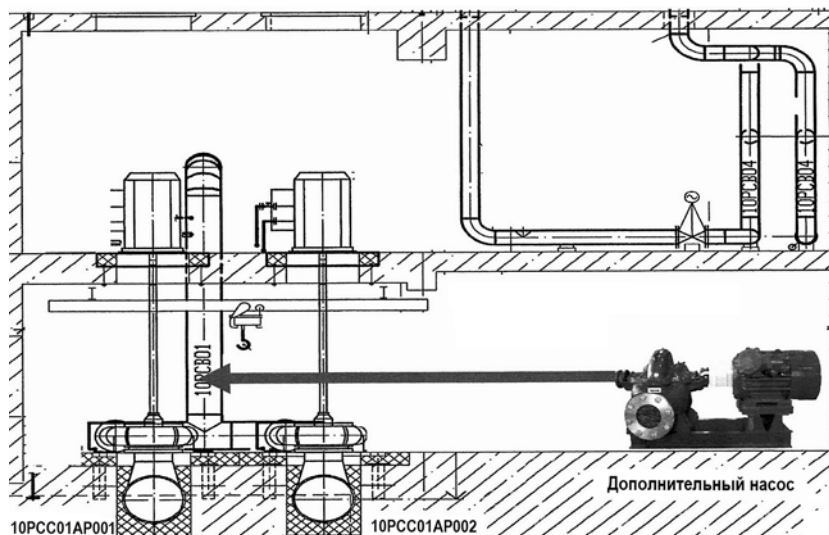


Рис. 8. Размещение дополнительного насоса

В помещениях блочной насосной станции URS существует возможность установки дополнительного насоса охлаждающей воды неответственных потребителей производительностью $1500 - 2000 \text{ м}^3/\text{ч}$ (рис. 8).

Напорный трубопровод дополнительного насоса соединяется с общим напорным

трубопроводом насосов РСС01АР001,002.

Дополнительный насос позволит обеспечить дополнительную подачу охлаждающей воды к потребителям при параллельной работе с одним из насосов РСС01АР001(002), а также обеспечит работу штатных систем расхолаживания без включения в работу систем безопасности в случае отказа обоих насосов РСС01АР001,002.

Монтаж дополнительного трубопровода для подачи подпиточной воды из реки Дон в водораспределительный канал блочной насосной станции

Температура подпиточной воды градирни в самый жаркий период года не превышает 25°C, что существенно ниже температуры охлаждающей воды (30°C и более), циркулирующей в системе оборотного водоснабжения блока.

Предлагается выполнить монтаж дополнительного трубопровода для подачи подпиточной воды с расходом до 1000 м³/ч непосредственно на всас насосов РСС01АР001,002, минуя основную линию подпитки, которая заведена в чашу градирни. При этом общее количество подпиточной воды, подаваемой из р. Дон в систему технического водоснабжения, останется неизменным, а температура воды, подаваемой к потребителям здания УМА, снизится за счёт подмешивания более холодной подпиточной воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимость проведения мероприятий по модернизации системы охлаждающей воды неотвественных потребителей основывается на опыте эксплуатации, проведенном мониторинге теплообменного оборудования и направлена на

- увеличение способности энергоблока к несению заданной нагрузки;
- повышение устойчивости работы оборудования энергоблока;
- ослабление возможных последствий отказов оборудования системы;
- обеспечение выполнения условий регламентного состояния оборудования;
- создание необходимого резерва оборудования.

Из рассмотренных вариантов модернизации приоритетное внимание следует уделить реализации мероприятий, связанных с установкой дополнительного насоса и прокладкой трубопровода подачи «холодной» воды непосредственно на всас насосов технического водоснабжения. Реализация этих мероприятий позволит иметь необходимый резерв оборудования и обеспечить проектные тепловые характеристики оборудования.

Реализация мероприятий, связанных с обеспечением возможности расхолаживания блока при отказе насосов РСС01АР001,002 через БРУ-К за счет монтажа перемычки между напорными трубопроводами, не позволит создать полноценный резерв для существующих систем безопасности, направленных на обеспечение перевода реакторной установки в «холодное» состояние, так как система охлаждающей воды неотвественных потребителей не влияет на безопасность и в соответствии с [16] имеет классификационное обозначение 4Н, а в случае ее реализации потребует значительных временных и материальных затрат для обоснования возможности и целесообразности применения данного решения для предотвращения аварий.

Для поддержания эффективности работы системы водораспределения градирни в целях минимизации карбонатных отложений на оросителе, в первую очередь, необходимо обеспечить требуемый водно-химический режим подпиточной воды градирни [17]. Также необходимо обеспечить продолжение изыскательских работ по выбору стратегии управления скоростью образования карбонатных отложений с учетом выявленного влияния конструктивных особенностей трубопроводов основной охлаждающей воды и трубопроводов системы водораспределения градирни на механизм образования отложений в периферийной области орошения. Опробованный на Нововоронежской АЭС-2 метод очистки оросителя путем комбинированного вибрационного и аэро-гидравлического воздействия на отдельные блоки оросителя нельзя считать оптимальным, так как

он связан с частичной разборкой оросителя, и основным этапом, определяющим продолжительность всей очистки, является сборка (разборка) оросителя.

С учетом существенного влияния системы технического водоснабжения на экономичность и надежность работы энергоблока, а также ввода в эксплуатацию новых энергоблоков с системами технического водоснабжения, близкими Нововоронежской АЭС-2 по составу и характеристикам основного оборудования, назрела необходимость создания централизованной службы, задачей которой является обеспечение эффективной работы системы технического водоснабжения АЭС. Ограничение мощности энергоблока, связанное с техническим водоснабжением, представляет серьезную проблему не только как фактор, снижаемый установленную мощность, но и как возможная причина снижения надежности и ухудшения экономичности блока в целом.

Повышение эффективности работы системы технического водоснабжения является комплексной задачей, для успешного решения которой необходимо реализовать ряд мероприятий как по оптимизации режимов работы теплообменного оборудования блока, так и по выбору оптимальной стратегии управления состоянием системы водораспределения градилен.

Литература

1. Пономаренко В.С., Арефьев Ю.И. Градири промышленных и энергетических предприятий: Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 376 с.
2. Николадзе Г.И. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989. – 496 с.
3. Нововоронежская АЭС. Проект АЭС-2006. Электронный ресурс: <http://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/f01/f01b5ca309dbda1917c112d6897c0959.pdf> (дата доступа 15.12.2019).
4. Бродов Ю.М., Савельев Р.З. Конденсационные установки паровых турбин. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 287 с.
5. Турбины тепловых и атомных электрических станций: Учебник для вузов. / Под ред. А.Г. Костюка, В.В. Фролова. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 488 с.
6. Основные правила обеспечения эксплуатации атомных станций. Электронный ресурс: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293748/4293748439.htm> (дата доступа 15.12.2019).
7. Асмолов В.Г., Гусев И.Н., Казанский В.Р., В.П. Поваров В.П., Д.Б. Стацур Д.Б. Головной блок нового поколения – особенности проекта ВВЭР-1200. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2017. – № 3. – С. 5-21.
8. Острейковский В.А., Швыряев Ю.В. Безопасность атомных станций. Вероятностный анализ. – М.: Физматлит, 2008. – 352 с.
9. Кучеренко Д.И., Гладков В.А. Обратное водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1980. – 169 с.
10. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка. – М.: Издательство МЭИ, 2006. – 312 с.
11. Витковский С.Л., Данилов И.А., Щедрин М.Г., Колягина И.А. Опыт освоения проектной химической технологии при пусконаладочных работах и вводе блока в промышленную эксплуатацию. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2017. – № 3. – С. 172-182.
12. Лаптев А.Г., Ведъгаева И.А. Устройство и расчет промышленных градилен. – Казань: КГЭУ, 2004. – 180 с.
13. Водно-химический режим башенных испарительных градилен энергоблоков АЭС с реакторами ВВЭР. // Сборник трудов XI МНТК «Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики» АО «Росэнергоатом». – 2018. – С. 14-24. Электронный ресурс: http://mntk.rosenergoatom.ru/mediafiles/u/files/2018/MNTK_2018_Trudy_Color_small.pdf (дата доступа 15.12.2019).
14. Лебедик Е.А., Шариков Ю.В., Железнов В.В. Управление качеством оборотной воды теплообменного оборудования. // Химическая технология. – 2016. – № 1. – С. 38-44.
15. Гусев И.Н., Соловьев Б.Л., Падун С.П., Майорова М.М. Развитие системы интеллектуальной поддержки оператора на энергоблоке № 1 НВАЭС-2. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2019. – № 3. – С. 5-15. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2019.3.01>.
16. НП-001-15. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. Элект-

ронный ресурс: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293756/4293756900.htm> (дата доступа 15.12.2019).

17. РБ-002-16. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Водно-химический режим атомных станций». Электронный ресурс: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293752/4293752457.htm> (дата доступа 15.12.2019).

Поступила в редакцию 20.12.2019 г.

Авторы

Поваров Владимир Петрович, зам. Генерального директора – директор филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция», канд. техн. наук
E-mail: PovarovVP@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Стацура Дмитрий Борисович, зам. главного инженера
E-mail: StatsuraDB@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Усачев Дмитрий Евгеньевич, заместитель начальника турбинного цеха № 6
E-mail: UsachevDE@nvnpp1.rosenergoatom.ru

UDC 628.1.17

OPERATING EXPERIENCE AND WAYS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE SERVICE WATER SYSTEM FOR POWER UNITS 1 AND 2 AT NOVOVORONEZH NPP-2

Povarov V.P., Statsura D.B., Usachev D.E.

Novovoronezh Nuclear Power Plant (a branch of JSC Rosenergoatom)
1 Promyshlennaya zona Yuzhnaya, Novovoronezh, Voronezh reg., 396072 Russia

ABSTRACT

The operating experience of Power Unit 1 of Novovoronezh NPP-2 shows that in the summer period the temperature of cooling water exceeds the design value, which indicates the insufficient efficiency of the service water system. The main factor that negatively affects the efficiency of this system is the formation of carbonate deposits on the cooling tower filler. At Power Unit 1 of Novovoronezh NPP-2, the water distribution system of the cooling tower was cleaned of carbonate deposits by the combined vibration and aero-hydraulic method. The applied and tested method for cleaning the filler cannot be considered optimal, since it is associated with partial disassembly of the cooling tower filler, and the main stage determining the duration of the entire cleaning is the filler assembly/disassembly. Further research is required in order to select a strategy for controlling the rate of the formation of carbonate deposits, taking into account the revealed influence of design features of the main cooling water pipelines and cooling tower water distribution pipelines on the deposit formation mechanism in the peripheral spraying area.

As a compensating measure to ensure the required temperature regime of the turbine plant equipment at Power Unit 1 of Novovoronezh NPP-2 in summer, it is practiced to include in the parallel operation of the backup heat exchangers of the lubrication system and the standby pump of the nonessential services chilled water system.

To increase the operational stability of the power units in the summer period, it is proposed to carry out a number of measures at Power Units 1 and 2 of Novovoronezh NPP-2 aimed at mitigating the negative consequences caused by the increased temperature of service water. Options for the equipment upgrade are evaluated by installing an additional cooling pump for the turbine building consumers and/or installing an additional pipeline to supply make-up water from the Don River directly to the suction pipelines of the cooling system pumps for the turbine building consumers.

Key words: Novovoronezh NPP-2, VVER-1200, engineering support, service water supply, operating experience, upgrade, cooling towers.

REFERENCES

1. *Cooling towers of industrial and power enterprises: Reference Manual*. Ed. V.S. Ponomarenko. Moscow. Energoatomizdat Publ., 1998. 376 p. (in Russian).
2. Nikoladze G.I. *Water Supple*. Moscow. Stroyizdat Publ., 1989. 496 p. (in Russian).
3. Novovoronezh NPP. Design AES-2006. Available at: <http://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/f01/f01b5ca309dbda1917c112d6897c0959.pdf> (accessed 15.12.2019) (in Russian).
4. Bodrov U.M., Saveliev R.Z. *Condensing Units of Steam Turbines*. Moscow: Energoatomizdat Publ., 1994. 287 p. (in Russian).
5. *Turbines of Thermal and Nuclear Power Plants: University Textbook*. Eds. A.G. Kostiuk, V.V. Frolov. Moscow. MEI Publ., 2001. 488 p. (in Russian).
6. Basic rules of nuclear power plant operation. Available at: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293748/4293748439.htm> (accessed 15.12.2019) (in Russian).
7. Asmolov V.G., Gusev I.N., Kazanskiy V.R., Povarov V.P., Statsura D.B. New generation first of the kind unit – VVER-1200 design features. *Izvestiya vuzov. Yadernaya Energetika*. 2017, no. 3, pp. 5-21 (in Russian).
8. Ostreikovskiy V.A., Shvyriaev U.V. Safety of nuclear power plants. *Probabilistic Analysis*. Moscow. Fizmatlit Publ, 2008. 352 p. (in Russian).
9. Kycherenko D.I., Gladkov V.A. *Circulating Water Supply*. Moscow. Stroiizdat Publ., 1980. 168 p. (in Russian).
10. Kopylov A.S., Lavygin V.M., Ochkov V.F. *Water Treatment*. Moscow. MEI Publ., 2006. 312 p. (in Russian).
11. Vitkovsky S.L., Danilov A.P., Shchedrin M.G., Kolyagina I.A. The experience of implementing the design chemistry during NPP unit commissioning. *Izvestiya vuzov. Yadernaya Energetika*. 2017. – no. 3. – pp. 172-182 (in Russian).
12. Laptev A.G., Vedgaeva I.A. *Cooling Towers Design and Dimensioning*. Kazan. KGEU Publ., 2004. 180 p. (in Russian).
13. Cooling towers water-chemical mode for VVER Power Units. *Proc. of the XI ISPS «Safety, Efficiency and Economics of Nuclear Industry»*. JSC «Concern Rosenergoatom». Moscow. 2018. C. 14-24. Available at: http://mntk.rosenergoatom.ru/mediafiles/u/files/2018/MNTK_2018_Trudy_Color_small.pdf (accessed 15.12.2019). (in Russian).
14. Lebedik E.A., Sharikov Yu.V., Zheleznov V.V. Quality control of circulating water of waterheat exchange equipment. *Khimicheskaya Tekhnologiya*. 2016, no. 1, pp. 38-44 (in Russian).
15. Gusev I.N., Solovyev B.L., Padun S.P., Mayorova M.M.. System development of intelligent operator support unit no. 1 of the Novovoronezh NPP-2. *Izvestiya vuzov. Yadernaya Energetika*. 2019, no. 3, pp. 5-15. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2019.3.01> (in Russian).
16. NP-001-15. *General Provisions for the Safety of Nuclear Power Plants*. Moscow. FBU «NTTsYaRB» Publ., 2016, 30 p. (in Russian).
17. RB-002-16. *Nuclear Power Safety Regulations. Water-Chemical Mode for Nuclear Power Plants*. Available at: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293752/4293752457.htm> (accessed 15.12.2019) (in Russian).

Authors

Povarov Vladimir Petrovich, Director of the Novovoronezh NPP, Cand. Sci. (Engineering)

E-mail: PovarovVP@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Statsura Dmitry Borisovich, Deputy Chief Engineer for Engineering support and Modernization

E-mail: StatsuraDB@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Usachev Dmitry Yevgenievich, Deputy Head of Turbine Department-6

E-mail: UsachevDE@nvnpp1.rosenergoatom.ru