

ISSN 1811-1858

ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ



С. ТҰРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ
ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК
УНИВЕРСИТЕТІ

ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ СЕРИЯ



4'2011

**ПМУ ХАБАРШЫСЫ
ВЕСТНИК ПГУ**

С.А. ГЛАЗЫРИН, Д.Т. МУЗАПАРОВ ВЫБОР СИСТЕМЫ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Строительство тепловых электростанции (ТЭС) сопряжено с изменением природных условий района, использованием многих видов природных ресурсов (топлива, воды, воздуха, земли, строительных материалов) и изменением социальных структур и условий обитания. Комплексный подход к анализу влияния системы технического водоснабжения на окружающую среду предполагает учет не только влияния самой ТЭС, но и сопряженных отраслей хозяйства, обеспечивающих строительство электростанции и выработку энергии, таких, как: топливобывающая, машиностроительная, рудобывающая, металлургическая, транспортная, промышленность строительных материалов, химическая, коммунальное хозяйство и другие потребляющие природные ресурсы и загрязняющие среду часто в большей мере, чем ТЭС. Кроме того, необходим учет не только экономических, экологических и социальных факторов, действующих при строительстве и эксплуатации ТЭС, но и долговременных факторов, действующих и после окончания ее эксплуатации (после выработки оборудованием ресурса, истощения топливной базы, освоения альтернативных источников энергии и др.). До настоящего времени нет обобщающих объективных критериев количественной оценки экологических и социальных параметров воздушной, водной и ландшафтной сред, поэтому при выборе системы охлаждения помимо существующих экономических оценок и достаточно условных величин предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязнений воздуха и воды приходится пользоваться субъективными качественными оценками экологических и социальных факторов.

В статье рассматриваются системы оборотного водоснабжения только паротурбинных электростанций на органическом топливе, которые преобладают в энергетике. Чем выше КПД тепловой электростанции, чем меньше материалоемкость, трудозатраты на строительство и эксплуатацию системы охлаждения, тем меньше затраты природных ресурсов и негативное влияние народнохозяйственного комплекса на окружающую среду. Максимальную экономичность современных конденсационных электростанций (КПД до 38%) при прочих равных условиях можно обеспечить минимальным противодавлением в конденсаторах паровых турбин (до 3 кПа) при минимальных температурах охлаждающей воды (воздуха).

Для районов с ограниченными водными ресурсами применяются оборотные системы технического водоснабжения. Из оборотных систем

технического водоснабжения наиболее целесообразной с точки зрения охраны окружающей среды представляются системы с водохранилищами-охладителями, так как помимо достаточно высоких технико-экономических и экологических показателей они обеспечивают регулирование и аккумуляцию стока малых рек, существенно повышая водообеспеченность маловодных районов, обеспечивают перераспределение сброса солей, улучшая качество воды малых водотоков. Улучшают социальные условия обитания — комфортный ландшафт, возможность развития водного спорта, рыбоводства, поливного садоводства огородничества, зон отдыха и др. В засушливых безлесных районах водохранилища-охладители с лесопарковой водоохранной зоной вокруг акватории создают обитаемые оазисы (Экибастузские ГРЭС). Исследованиями и проектно-конструкторскими разработками последних лет отработаны оптимальные схемы объемной циркуляции охлаждаемой воды в водохранилищах-охладителях. Для создания объемной циркуляции применяются специальные конструкции глубинных водозаборов и поверхностных водовыпусков, использующие плотностное расслоение воды за счет разности температур нагретой сбросной и охлаждающей воды даже при глубинах, не превышающих 5 — 6 м. Такие схемы циркуляции позволяют полностью использовать теплоаккумулирующую способность водоема, располагая водозаборы и водовыпуски друг над другом непосредственно на пристанционном узле ТЭС и отказаться от строительства традиционных длинных подводящих и отводящих каналов. Зона нагретой акватории водохранилищ примыкает к площадке ТЭС, а на остальной акватории водохранилища температура воды близка к естественной. Для создания водохранилищ используются долины малых (пересыхающих летом или перемерзающих зимой) рек, ручьев, оврагов, заболоченные участки пойм, прибрежные мелководья озер, котловины и другие не пригодные к использованию территории. Естественно, что при создании водохранилищ увеличивается туманообразование, влажность воздуха в приводном слое, требуются мероприятия по стабилизации уровня грунтовых вод в зоне подтопления, по предотвращению переработки берегов и др. Для строительства водохранилищ-охладителей в основном используются грунтовые материалы, разрабатываемые в пределах затопляемой территории, укладка грунта в дамбы ведется высокопроизводительными механизмами (часто способами гидромеханизации). Строительные работы заканчиваются к пуску первого энергоблока, что обеспечивает минимальное по длительности влияние процесса строительства на окружающую среду. Многолетний опыт эксплуатации ГРЭС с водохранилищами-охладителями доказал, что позитивное влияние водохранилищ превалирует над негативным и в долгосрочном аспекте влияние негативных факторов уменьшается, а позитивных увеличивается.

Однако применение водохранилищ в качестве водоохладителей оборотных систем испарительного охлаждения ограничивается возможностями занятия не пригодных к хозяйственному использованию земель или мелководных, заболоченных, антисанитарных акваторий.

Для районов с ограниченной территорией застройки в качестве охладителей оборотных систем водяного охлаждения могут успешно применяться брызгальные установки, обеспечивающие достаточно низкий уровень среднегодовых температур охлаждающей воды при плотностях орошения около $1 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ (для северных районов плотность орошения может быть увеличена до $3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$) и большую маневренность работы системы охлаждения особенно в зимний период. В условиях сухого жаркого климата брызгальные водоохладители в виде городских фонтанов давно применяются для бытового и промышленного хладоснабжения, одновременно улучшая экологическую обстановку и микроклимат окрестной зоны. Брызгальные охладители могут устанавливаться как над искусственными открытыми емкостями воды, так и над существующими акваториями озер, водохранилищ, каналов. Исследованиями последних лет определены оптимальные конструкции крупных разбрызгивающих сопел, их взаимное расположение и требуемое удаление от других зданий и сооружений. При температурах воздуха, близких к нулю и отрицательных, над брызгальными бассейнами образуется сплошной туман, при сильных ветрах — прилегающая территория на расстоянии до 200 м от разбрызгивающих устройств подвержена увлажнению и оледенению. Проводятся исследования специальных ограждений, позволяющих локализовать пар и влагу в пределах огражденной территории водоохладителя. Первый опыт эксплуатации показал, что с точки зрения теплопередачи и экономичности работы такой охладитель конкурентоспособен с другими типами водоохладителей, однако выявлены и неизбежные для головных образцов недостатки конструктивных решений. После всесторонних натурных испытаний и устранения недостатков можно ожидать, что негативное влияние брызгальных охладителей будет существенно снижено и они найдут применение в районах с резко континентальным и сухим жарким климатом (Средняя Азия, Кавказ, Сибирь, Урал, северные районы).

На стесненных (городских) территориях применяются наиболее компактные водоохладители — градирни. Уровень температур охлаждающей воды, обеспечиваемый современными башенными градирнями с противоточными пленочными оросителями при плотности орошения $8-10 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ и при температурном перепаде около $10 \text{ }^\circ\text{C}$ обеспечивают приемлемые температуры охлаждающей воды. Безвозвратное водопотребление из источников водоснабжения в оборотных системах с градирнями существенно выше, чем в прямоточных и в системах с водохранилищами, охладителями,

так как помимо увеличения испарения за счет снижения теплового КПД ТЭС вода теряется на капельный унос (при современных водоуловителях 0,05% от циркуляционного расхода) и частично на продувку системы. Следует отметить, что при испарительном охлаждении безвозвратно теряется не природная вода водоисточников, а конденсат — обессоленная вода. В этой связи существующие тарифы на потребление природной воды не пригодны для технико-экономических расчетов, так как стоимость конденсата во много раз превышает стоимость исходной подпиточной воды на величину затрат на обессоливание продувочной воды оборотных систем. С точки зрения охраны окружающей среда проблема сброса минерализованных продувочных вод оборотных систем техводоснабжения с градирнями в последние годы стала предельно острой. Градирни не имеют какой-либо аккумулирующей емкости, способной перераспределить сброс солей соответственно природным циклам солевого стока, поэтому сброс солей в источники в маловодные периоды приводит к существенному засолению поверхностных вод. Интенсивность теплового потока в атмосферу из башни градирни максимальна и достигает 300-250 кВт/м², выброс тепла, пара капельной влаги на высоту 150-350 м создает факел тумана, распространяющийся в направлении ветра на 2-10 км с наибольшей интенсивностью выпадет осадков на землю (для одиночной градирни) на расстоянии от одной до двух высот башни около 40 г/(м²·ч), или в пересчете на соли до 100 мг/(м²·ч) и снижением интенсивности в 10 раз на расстоянии 5-6 высот башни. Для строительства градирен требуется повышенный расход промышленных (не грунтовых) строительных материалов, кроме того, требуется специальная опалубка, краны, оснастка, бетононасосы и прочая строительная техника. Добыча сырья, производство, транспортировка и строительство из этих материалов также сопряжены с потреблением природных и создаваемых ресурсов, а также загрязнением окружающей среды. Башенные градирни с факелами выбросов в сочетании с дымовыми трубами ТЭС являются сомнительным украшением ландшафтов. По окончании эксплуатации построенные градирни приходится сносить во избежание обрушения обветшавших башен. Относительно большие капвлжения, эксплуатационные затраты и расходы природных ресурсов по системам охлаждения с башенными градирнями по сравнению с другими испарительными системами охлаждения, а также их большее негативное влияние на окружающую среду и социальные условия обитания определяют стремление к ограничению их строительства.

Уже сейчас в стране есть районы, где полностью отсутствует пресная вода и даже питьевую воду приходится добывать опреснением морской или минерализованной подземной воды. Опреснение воды — энергоемкое производство и наряду с другими отраслями хозяйства требует создания в этих районах паротурбинных электростанций. Кроме

того, освоение территорий, с длительной суровой зимой, где водные источники полностью перемерзают, но имеются огромные ресурсы холодного воздуха, диктуют применение систем воздушного охлаждения. Работы по созданию крупных воздушно-конденсационных установок (ВКУ) начались в СССР и за рубежом достаточно давно, но из-за относительно высокой стоимости и металлоемкости воздушных теплообменников и недооценки природоохранных факторов широкого применения в СССР еще не нашли. В мировой практике применяются две системы воздушного охлаждения конденсируемого пара турбин:

- прямая конденсация пара на внутренней поверхности разветвленного паропровода, оребренного со стороны потока охлаждающего воздуха (воздушный конденсатор);

- конденсация пара в смешивающем конденсаторе на поверхности впрыскиваемого в паровое пространство конденсата – промежуточного теплоносителя, охлаждаемого в водовоздушных теплообменниках.

Для передачи атмосферному воздуху теплоты конденсации 1 т/ч пара через современные радиаторные теплообменники [коэффициент теплопередачи 40-50 ккал/(м²·ч·град) при скорости воздуха 2-3 м/с] требуется поверхность теплопередачи со стороны воздуха примерно 1300 м². Расходы пара в конденсаторы турбин составляют сотни тонн в час, поэтому габариты воздушных конденсаторов не позволяют разместить их вблизи турбоагрегата. Значительное удлинение и разветвленность вакуумных паропроводов за счет аэродинамических сопротивлений парового тракта резко увеличивают противодавление турбины и снижают ее экономичность. Поэтому системы прямой воздушной конденсации пара применяются для турбоагрегатов малой мощности. Для крупных энергоблоков в настоящее время более целесообразно использование систем воздушного охлаждения с промежуточным теплоносителем, позволяющим размещать радиаторные водоохладители (сухие градирни) достаточно далеко от машзала ТЭС. Такая система отвода тепла в атмосферу аналогична оборотной системе водяного охлаждения (конденсатор — циркуляционный насос — водоохладитель — конденсатор) с той разницей, что в системе циркулирует конденсат, а не техническая вода, и охлаждение конвективное — без контакта с воздухом, а не испарительно-конвективное — с открытой водной поверхностью. Опыт наладки и эксплуатации воздушно-конденсационных установок показал их достаточную надежность, экономичность и минимальное влияние на окружающую среду, несмотря на снижение мощности блоков в периоды высоких температур воздуха. В периоды высоких температур воздуха его относительная влажность низка и для этого система ВКУ может быть снабжена дополнительными пиковыми охладителями в случае необходимости. Работа таких пиковых брызгальных охладителей (фонтаны) одновременно создает

более благоприятный микроклимат на промплощадке. Проектные разработки комбинированных систем охлаждения пара, сочетающих преимущества и устраняющих недостатки конвективного и испарительного охлаждения, показывают возможности существенного повышения экономичности и снижения отрицательного влияния на окружающую среду паротурбинных ТЭС. Исследовательские, проектно-конструкторские работы и освоение производства оборудования для комбинированных систем охлаждения позволят повысить экономичность и обеспечить минимальное отрицательное влияние систем охлаждения на окружающую среду.

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар. Материал поступил в редакцию 15.03.2012.

С.А. ГЛАЗЫРИН, Д.Т. МҰЗАПАРОВ
СУДЫҢ ТИИМДІ ҚОЛДАНУЫ
S.A. GLAZYRIN, D.T. MUZAPAROV
THE CHOICE OF CIRCULATING WATER SUPPLY SYSTEM

Түйіндемe

Бұл мақалада айналымды сумен қамту жүйесі таңдау қарастырылған.

Resume

The choice of circulating water supply system is described in this article.