

## **АСПЕКТЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ТЭЦ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА**

Учитывая, что тепловые электростанции (ТЭС) являются крупными потребителями воды, вопросы рационального использования водных ресурсов на предприятиях теплоэнергетики весьма актуальны. При этом важны не только экологические аспекты производственной деятельности, но и вопросы экономической целесообразности капитальных затрат и эксплуатационных расходов для систем водоснабжения тепловых электростанций [1]. В Казахстане насчитывается 32 ТЭС, пять из которых находятся в Восточно-Казахстанской области: Риддер ТЭЦ, Семипалатинская ТЭЦ-1, Семипалатинская ТЭЦ-2, Согринская ТЭЦ и Усть-Каменогорская ТЭЦ [2]. В данной статье предлагается рассмотреть рациональные принципы проектирования охлаждающих систем тепловых электростанций Восточно-Казахстанской области.

Водоснабжение охлаждающих систем ТЭС может быть: прямоточным, обратным и смешанным. Прямоточная система применяется при наличии в непосредственной близости мощного источника водоснабжения, способного обеспечить станцию необходимым количеством воды в течение всего года. При этом поступающая на ТЭС охлаждающая вода однократно проходит через охлаждающие устройства и возвращается в источник уже с более высокой температурой. При прямоточном водоснабжении отработавшая теплая вода сбрасывается в реку, водохранилище, озеро или море на таком расстоянии от водоприемного сооружения, чтобы исключить возможность попадания в него теплой воды. При низких температурах речной воды, в маловодные периоды

года водоснабжение электростанций из реки может быть осуществлено по системе с подмешиванием к речной воде отработавшей на электростанции теплой воды. При применении системы прямоточного водоснабжения не требуется больших капиталовложений на строительство и обеспечиваются низкие и устойчивые температуры охлаждающей воды.

Однако расходы воды, достаточные для прямоточного водоснабжения мощной электростанции, могут быть получены только из больших рек, на которых размещение тепловых электростанций по совокупности технико-экономических показателей (топливоснабжение, выдача электроэнергии) оправдывается лишь в редких случаях. Кроме того, в целях снижения антропогенного воздействия на водоемы, целесообразно использование оборотного водоснабжения.

Оборотное водоснабжение - замкнутая система, позволяющая повторно использовать сточные воды, прошедшие необходимый процесс регенерации. Концепция оборотного водоснабжения предприятия полностью исключает сброс сточных вод в водоемы или городскую канализацию. Оборотное водоснабжение позволяет решить экологические и экономические задачи, существенно (на 85÷95%) снизив водопотребление промышленного предприятия. При оборотной системе охлаждающая вода на ТЭС используется многократно благодаря отдаче тепла окружающей среде [3]. Охлаждение воды при этом осуществляется в прудах-охладителях, градирнях или брызгальных бассейнах.

Существуют системы смешанного водоснабжения электростанции, когда параллельно с прямотоком в маловодные периоды включаются в работу охладители оборотной системы.

При оборотном водоснабжении промышленного объекта охлаждающее устройство должно обеспечить охлаждение циркуляционной воды до температур, отвечающих оптимальным технико-экономическим показателям работы объекта. Понижение температуры воды в охладителях происходит за счет передачи ее тепла воздуху. По способу передачи тепла охладители,

применяемые в системах оборотного водоснабжения, разделяются на два вида: испарительные, поверхностные (радиаторные).

В испарительных охладителях охлаждение воды происходит в значительной степени за счет ее испарения при непосредственном контакте с воздухом (испарение 1 % воды снижает ее температуру на 6 °C). В радиаторных охладителях охлаждаемая вода не имеет непосредственного контакта с воздухом. Вода проходит внутри трубок радиаторов, через стенки которых происходит передача ее тепла воздуху. Так как теплоемкость и влагоемкость воздуха относительно невелики, для охлаждения воды требуется интенсивный воздухообмен. Например, для понижения температуры воды с 40 до 30 °C при температуре воздуха 25 °C на 1 м<sup>3</sup> охлаждаемой воды к испарительному охладителю должно быть подведено около 1000 м<sup>3</sup> воздуха, а к радиаторному охладителю, в котором воздух только нагревается, но не увлажняется, около 5000 м<sup>3</sup> воздуха.

Испарительные охладители по способу подвода к ним воздуха разделяются на: открытые, башенные и вентиляторные.

Радиаторные охладители, которые называют также «сухими градирнями», по способу подвода к ним воздуха могут быть башенными или вентиляторными. Обустройство радиаторных охладителей наиболее дорогостоящее, поэтому их использование целесообразно только в районах, имеющих дефицит воды, необходимой для подпитки системы оборотного водоснабжения.

Для охлаждения циркуляционной воды до достаточно низких температур требуется большая площадь контакта ее с воздухом - порядка 30 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup>/ч охлаждаемой воды. Соответственно этой рекомендации следует принимать площадь зеркала воды водохранилищ-охладителей. В градирнях необходимая площадь контакта создается путем распределения воды над оросительными устройствами, по которым она стекает под действием силы тяжести в виде тонких пленок или капель, разбивающихся при попадании на рейки на мельчайшие брызги. В брызгальных бассейнах для создания необходимой

площади контакта с воздухом вода разбрызгивается специальными соплами на мельчайшие капли, суммарная поверхность которых должна быть достаточной для испарительного охлаждения [4].

Система водоснабжения охладительных систем тепловых электростанций весьма разнообразны. При выборе конкретного технического решения по данному вопросу следует исходить из климатических условий региона и имеющихся природных источников воды.

Рассмотрим функционирование охладительной системы тепловой электростанции более подробно на примере АО «AES Усть-Каменогорская ТЭЦ». Данная ТЭЦ является основным источником теплоснабжения города Усть-Каменогорска, покрывая до 80 % тепловой потребности жилищно-коммунального сектора. На АО «AES Усть-Каменогорская ТЭЦ» постоянно ведется работа по внедрению технологий, дружественных окружающей среде, на основе принципов рационального природопользования. В 2012 году на ТЭЦ было введено в эксплуатацию обратное водоснабжение охладительной системы. Принцип работы системы охлаждения состоит в следующем: в обратной схеме техническая вода циркулирует по системе, забирает тепло в конденсаторах, охлаждается в градирне и насосами вновь подается в конденсаторы. При этом обеспечивается охлаждение воды до требуемой температуры.

В системе технического водоснабжения АО «AES Усть-Каменогорская ТЭЦ» в качестве охладителя воды принята шести секционная вентиляторная градирня испарительного типа. Градирня оборудована отсасывающими осевыми вентиляторами. Эффективность охлаждения воды может регулироваться изменением подачи воздуха вентиляторами. При отрицательных температурах наружного воздуха требуемое охлаждение воды может обеспечиваться без принудительной подачи воздуха. Изменение подачи воздуха вентиляторами осуществляется изменением частоты вращения рабочего колеса вентиляторной установки посредством частотного преобразователя и изменением количества работающих вентиляторов.

Расчетный суммарный номинальный расход воды в 6-ти секционной градирни составляет 24000 м<sup>3</sup>/час, (4000 м<sup>3</sup>/час на одну секцию). Каждая секция оснащена вентиляторной установкой мощностью 200 кВт. Технические характеристики градирни АО «AES Усть-Каменогоская ТЭЦ» (УК ТЭЦ) представлены в таблице 1.

Таблица 1

*Технические характеристики градирни УК ТЭЦ*

Параметры	Значение
Число секций в градирне, шт	6
Размеры одной секции, м	16x12
Площадь орошения (суммарная), м <sup>2</sup>	1152
Высота градирни, м	10,75
Суммарная рабочая производительность, м <sup>3</sup> /ч	24000
Расчетная температура воды на входе в градирню, °С	40,0
Расчетная температура воды на выходе из градирни, °С	28,0
Температурный перепад, °С	12,0
Тепловая нагрузка общая, Мкал/ч	288000
Потери при испарении, % от суммарного расхода воды	1,2-1,5
Потери с уносом, % суммарного расхода воды	0,001

Техническая вода, поступающая в градирню через водораспределительное устройство и разбрызгивающие сопла, попадает на ороситель в виде мелких капель, после чего в чашу градирни. На поверхностях элементов оросителя происходит многократное дробления капель воды. Тяга в градирне создается вентиляторами. При отключенном вентиляторе разность удельных весов между наружным, более холодным, и подогретым в градирне воздухом создает тягу и обеспечивает непрерывное поступление внутрь градирни наружного воздуха.

Поступающий в градирню воздух движется навстречу движению воды. Охлаждение воды в градирне происходит в результате совместного действия двух основных процессов: теплоотдачи соприкосновения воды с воздухом и

поверхностного испарения с капель воды. Теплоотдача соприкосновением воды с воздухом осуществляется благодаря наличию разности температур воды и воздуха. Испарение является результатом наличия разности парциальных давлений пара у поверхности капель и в основной массе проходящего воздуха. При положительных температурах атмосферного воздуха (летом) преобладающая роль в охлаждении воды в градирне (до 90%) приходится на долю испарения. При отрицательных температурах (в зимнее время) до 60% - на долю теплоотдачи соприкосновением.

Представленная система оборотного водоснабжения на УК ТЭЦ обеспечивает сокращение сброса технической (теплой) воды в реку Ульба на 48 %. Это позволяет снизить антропогенное воздействие на водоем, приближая его температурный фон к естественному значению. Кроме того, система оборотного водоснабжения позволила увеличить выработку электроэнергии на 145 млн. кВт\*ч в год. Затраты на реализацию данного проекта составили 2,5 млрд. тенге.

Рассмотрим факторы рационального проектирования водоснабжения ТЭС применительно к условиям Восточного Казахстана. Прямоточное водоснабжение охлаждающих систем тепловой электростанции оправдано при размещении ТЭС непосредственно у достаточно крупного источника воды. В этом случае капитальные и эксплуатационные затраты на систему водоснабжения будут минимальны, а тепловое загрязнение будет незначительным ввиду большой теплоемкости водоисточника. Но в связи с тем, что в непосредственной близости от ТЭЦ в Восточно-Казахстанской области нет достаточно мощных источников воды, то данный вариант не целесообразен.

Таким образом, приходим к решению о необходимости оборотного водоснабжения, при котором стоит выбор между испарительным и радиаторным охлаждением.

Капитальные и эксплуатационные затраты на радиаторные системы охлаждения значительно превышают аналогичные статьи финансовых расходов

на испарительные системы. В связи с этим, их использование оправдано лишь в регионах с недостатком водных ресурсов, когда потери воды с испарением недопустимы. Восточный Казахстан располагает достаточным количеством водных ресурсов для восполнения испарившейся воды при ее непосредственном контакте с воздухом. Поэтому для ТЭЦ Восточно-Казахстанской области более предпочтительным являются системы охлаждения испарительного типа.

Испарительные системы охлаждения с прудами-охладителями (водохранилищами) характеризуются приемлемыми капитальными затратами и очень низкими эксплуатационными затратами относительно прочих видов систем. Однако при этом необходимы большие площади свободных земельных участков и соответствующие геологические условия вблизи ТЭЦ. В отношении ТЭЦ Восточного Казахстана, нет возможности обустройства прудов-охладителей, так как они находятся в городской черте.

Брызгательные бассейны и открытые градирни не получили широкого распространения в теплоэнергетике ввиду снижения их эффективности в период зноя и повышенных потерь воды в ветреную погоду с брызгоуносом.

Башенные градирни в сравнении с вентиляторными имеют более крупные габариты (в несколько раз), что требуют более значительных капитальных затрат. Однако, их эксплуатация обходится дешевле, так как нет необходимости в работе вентиляторов. Поэтому башенные градирни целесообразны при относительно равномерной теплообменной нагрузке в течение года, что не характерно для ТЭЦ Восточного Казахстана. Это обусловлено двумя факторами. Во-первых: в холодный период года ТЭЦ имеют возможность значительную часть избыточной тепловой энергии направить на нужды отопления зданий. Во-вторых: для Восточного Казахстана характерен резко континентальный климат со значительным перепадом температур атмосферного воздуха в теплый и холодный периоды года. В связи с данными факторами для ТЭЦ в теплый период года имеется потребность в значительной интенсификации теплообменного процесса на градирне, которая достигается

дополнительной тягой вентилятора. При достаточно низких температурах воздуха в холодный период вентиляторы градирни выключаются.

Таким образом, из представленных материалов следует вывод, что для ТЭЦ Восточного Казахстана целесообразно использование оборотных систем охлаждения с вентиляторными градирнями испарительного типа.

#### Список литературы

1. Энциклопедия современной техники. Строительство / Под ред. В. А. Кучеренко. - М.: Советская энциклопедия, 1964.
2. Дукенбаев К. Энергетика Казахстана. Условия и механизмы ее устойчивого развития. - Алматы: Атамұра, 2002.
3. Zroichikov N.A., Prokhorov V.B., Tupov V.B., Arkhipov A.M., Fomenko M.V. Possible Ways of Reducing the Effect of Thermal Power Facilities on the Environment // Thermal Engineering, 2015, Vol. 62, No. 2, pp. 146–153.
4. Кудинов А.А. Тепловые электрические станции. Схемы и оборудование: Учебное пособие. - М.: НИЦ Инфра-М, 2015.