

ООО «Балтэнергомаш», 192171, г. Санкт-Петербург, а/я 99.

Email:3093613@mail.ru

к.т.н. Цимбалист А.О.

Выбор температуры охлаждения промышленного оборудования.

Системы охлаждения промышленного оборудования могут быть двух основных видов с искусственным охлаждением и с естественным охлаждением. Каждое из которых может быть разделено на системы воздушного охлаждения и водяного (жидкостного) охлаждения.

Искусственное охлаждение подразумевает охлаждение объекта с помощью технических средств до температур ниже температуры окружающей среды. Примером такого вида охлаждения является охлаждение воды для использования ее в системах кондиционирования воздуха жилых и производственных помещений с помощью холодильных машин.

Естественное охлаждение подразумевает отвод теплоты от объекта в окружающую среду при использовании технических средств, но при котором температура охлаждаемого объекта всегда выше температуры окружающей среды. Простейшим примером такого вида охлаждения может служить охлаждение двигателя внутреннего сгорания автомобиля с помощью радиатора с вентилятором.

И если с искусственным охлаждением все более или менее понятно: затрачивая энергию можно охладить любой объект до любой заданной температуры вплоть до абсолютного нуля, все в данном случае будет зависеть от выбранного холодильного оборудования и количества затраченной энергии (приблизительно 0,25-0,7 кВт на каждый 1кВт холодопроизводительности), то с естественным охлаждением вопросов значительно больше особенно с температурой, до которой можно охладить объект. При естественном способе охлаждения все зависит от того какую температуру имеет окружающая среда.

Это вопрос имеет смысл разобрать более подробно.

Вода из артезианской скважины имеет температуру 4-10 С и очень привлекательна для охлаждения любого объекта, но крайне дорога при использовании за счет высокой её стоимости, начиная с бурения скважины и заканчивая стоимости сброса воды в систему канализации и ограниченного количества такой воды.

Вода из рек и водоемов имеет более высокую температуру, которая в летний период доходит до +20С, но в прошлом веке такая вода широко применялась для охлаждения промышленных объектов. Однако, настоящее время это стало экономически не выгодным из-за высоких издержек и государственных запретов (природоохранная деятельность) такого способа использования воды.

Вода из системы оборотного охлаждения при использовании градирен имеет температуру от +22С, т. к. в данном случае окружающей средой является воздух, но только с одной оговоркой. Теплота отводится не только теплопередачей от воды к воздуху, а еще происходит испарение воды и насыщение воздуха этим паром, таким образом температура определяющая процесс охлаждения воды в градирнях это, так называемая, температура мокрого (смоченного) термометра (Тмт). Эта температура всегда ниже или в некоторых особых случаях, равна температуре воздуха по сухому термометру и тем ниже, чем более сухой воздух в регионе. На территории РФ в большинстве районов температура мокрого термометра воздуха для летнего времени составляет +19С-+21С, что позволяет получать охлажденную воду с температурой на 3-5 градусов выше, т. е. с температурой +22С-+26С.

Вода из системы оборотного охлаждения при использовании аппаратов воздушного охлаждения (АВО - устройство состоящее из набора оребренных теплообменных труб, обдуваемое воздухом), имеет более высокую температуру от +33С, т.к. в данном случае окружающей средой, куда отводится теплота является воздух, а его температура сильно меняется не только в течении суток, но и что более важно и зависит от времени года. Так на территории средней полосы РФ температура воздуха от зимы к лету меняется на 50-60 градусов. И хотя температура воздуха может быть и очень низкой, при расчете систем охлаждения с АВО температурой окружающей среды принято пользоваться температурой воздуха с обеспеченностью 99% в летнее время для конкретного географического места (температура может быть определена по СП «Сторительная климатология»). Понятно, что в большинстве регионов РФ эта температура будет близка или выше +30С, следовательно охлажденная вода будет после аппарата АВО иметь температуру не ниже +33С-+35С.

Таким образом можно сделать следующий вывод: системы естественного охлаждения построенные на использовании воды естественных источников (скажин или водоемов) на сегодня имеют очень малые перспективы, т. к. природоохранная деятельность государства ужесточает законодательство в этой области и стоимость такого источника низкой температуры серьезно возрастает, хотя эти

системы имеют серьезные термодинамические и конструктивные плюсы: применения такой воды дает возможность снизить температуру охлаждения и значительно уменьшить теплопередающие поверхности теплообменных аппаратов, что понятно сокращает стоимость оборудования.

Наиболее перспективными в настоящее время можно считать два вида естественного охлаждения: с помощью градирен и с помощью АВО. В обоих вариантах охлаждающей средой является окружающий воздух (пока бесплатный), но как писалось выше имеющий для каждого из видов устройств разный уровень температур даже в одной и той же местности. Приведем простейший пример.

Допустим в г. Саратов необходимо охладить технологическое оборудование. Для этого можно применить систему естественного охлаждения - градирню или АВО. Согласно СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» [1] температура воздуха в теплый период с обеспеченностью 98% составляет +29С, а относительная влажность составляет 46%, что соответствует температуре мокрого термометра +20,5С. Следовательно при этих условиях градирня может обеспечить охлаждение оборотной воды до температуры +24С, а аппарат воздушного охлаждения только до +35С. Разница существенная и составляет 9 гадусов.

Влияние же температуры охлаждающей воды, подаваемой на технологическое оборудование, легко недооценить, но приведенные ниже данные (табл. 1.[2])однозначно убедительны.

Таблица. 1

Влияние температуры оборотной воды на работу технологического оборудования

Характер изменения температуры воды	Влияние на показатели работы оборудования
Снижение температуры воды, подаваемой на конденсаторы турбин КЭС, на 1 °С	Уменьшение на 1,2—2 г расхода условного топлива на выработку 1 кВт • ч электроэнергии
Повышение температуры воды, подаваемой на конденсаторы ТЭС, на 1 °С	Снижение вакуума в конденсаторах на 0,5%, что равноценно снижению мощности турбины на 0,4% или перерасходу пара на 0,5%
Снижение температуры воды, подаваемой на конденсаторы компрессорных холодильных станций, на 1 °С	Уменьшение на 2—4% расхода электроэнергии на привод компрессоров
Снижение температуры воды, подаваемой на конденсаторы парожекционных холодильных станций, на 7 °С (с 27 до 20 °С)	Уменьшение расхода пара с 3,4 до 2,1 т на 4 ГДж вырабатываемого холода
Снижение температуры воды при расчетах размеров теплообменной аппаратуры предприятий нефтехимии на 5 °С (с 30 до 25 °С)	Уменьшение на 23% площади поверхности охлаждения теплообменников и на 20% расхода металла на их изготовление
Снижение температуры воды на установке пиролиза нефти мощностью 340 тыс. т/год на 2,3 °С	Увеличение выработки топливно-энергетических ресурсов в год на 518 тыс. долларов США
Недоохлаждение воды в летний период относительно ее расчетной температуры на предприятиях по выработке химической продукции	Уменьшение среднегодовой выработки кальцинированной соды примерно на 3,4, аммиака — на 10, метанола — на 8, сернистого натрия — на 4,5, уксусной кислоты — на 11%

Следующий по значимости вопрос - разность температур входящей и выходящей из устройств воды. Этот вопрос не отделим от от понимания основного положения, что процесс охлаждения в любом охладителе конечен по времени соприкосновения сред. Это обуславливает величину разности температур (вход/выход) на определенном уровне для каждого вида охладителей.

Величина перепада вход/выход зависит от типа охлаждающего устройства и от начальной температуры процесса охлаждения. Понятно, что чем выше начальная температура охлаждаемой воды, тем большая разность температур может быть получена. Однако, при высоких температурах воды на тепло-массообменных поверхностях как охлаждаемого, так и охлаждающего оборудования

велика вероятность выделения водяного камня, который ухудшает процессы теплопередачи. Считается, что приемлемая скорость выпадения водяного камня не нарушающая процесс охлаждения имеет место при температурах охлаждаемой воды до +45С. При более высоких температурах скорость выпадения солей лавинообразно увеличивается. Именно по этому использование охладителей — градирен и АВО рекомендуется при температурах охлаждаемой среды не выше +45-50С.

Согласно статистических данных приведенных в литературе (табл. 2.[2]) наибольшую разность температур может обеспечить вентиляторная градирня, это и понятно количество воздуха подаваемого в градирню может быть выбрано в широких пределах, чего нельзя сказать о башенных или открытых градирнях, где проход воздуха через устройство обусловлен естественной тягой. С АВО несколько другая ситуация - принудительная подача воздуха в такие аппараты не может обеспечить значительную разность температур, т.к. процессы теплообмена имеют меньшую эффективность, чем процессы теплопереноса имеющие место в градирнях. Именно поэтому разность температур для открытых градирен (наименее эффективных устройств, но наиболее простых в техническом плане) равна этому параметру для АВО и составляет 5-10 градусов. Для вентиляторных градирен этот показатель имеет величину до 20 градусов.

Однако, следует понимать, что чем большую разность температур вход/выход требуется получить, т.е. чем большее количество теплоты необходимо отвести, тем большее недоохлаждение воды будет получено на выходе из охлаждающего оборудования.

Таблица 2

Технические показатели устройств охлаждения оборотной воды с температурой не выше +45С

Показатель	Тип устройства			
	Градирня вентиляторная	Градирня башенная	Градирня открытая	АВО
Удельная тепловая нагрузка, Q, кВт/м ²	93-175	70-120	35-60	0,25-2
Перепад температур воды, (Тw2-Тw1), С	3-20	5-15	5-10	5-10
Температура охлажденной воды, Тw2, С	22-25	28-31	33-35	35-38
Недоохлаждение воды, (Тw2-Тmт), С	3-5	8-10	10-12	15-35

1. СП 131.13330.2012, *Строительная климатология*, Министерство регионального развития РФ, Москва, 2012
2. Пономаренко В. С., Арефьев Ю. И. «Градирни промышленных и энергетических предприятий», Энергоатомиздат, 1998г, Москва. *Справочное пособие.*