

# Естественное Охлаждение

## СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ НА ЭНЕРГОРЕСУРСЫ

### Предисловие

Понятия «эксплуатационная эффективность» и «затраты на энергоресурсы» в последние годы прочно поселились в умах собственников и управляющих предприятий. Текущие прогнозы относительно будущих расценок на энергоресурсы позволяют предположить, что вскоре эти темы станут даже более актуальными, чем вопросы охраны окружающей среды, а на ход проектирования и эксплуатации сооружений всё большее влияние будет оказывать стоимость этих процессов.

Во времена дешёвой энергии вкладывать капитал в развитие энергосберегающих систем не имело смысла. Теперь же такие системы приобретают всё большую популярность как средство снижения суммарных эксплуатационных расходов.

В частности, существенную экономию средств обеспечивают системы естественного охлаждения. Однако размер сэкономленных средств практически целиком зависит от конструкции таких систем и составляющего их оборудования. В целом, разработчикам приходится балансировать между экономией и высокой стоимостью обеспечивающего её оборудования. По счастью и то, и другое вполне поддаётся количественному подсчёту, так что у разработчиков есть возможность делать обдуманный выбор на основе надёжных данных.

В данной статье описывается несколько конструктивных схем систем естественного охлаждения. Читателям будет предложен обзор базовой схемы кондиционирования воздуха, которая используется в процессах естественного охлаждения, после чего будут рассмотрены факторы, влияющие на итоговый выбор оборудования.

Мы также увидим, как от этого выбора зависит эффективность экономии энергоресурсов, обеспечиваемой системами естественного охлаждения на различных производствах.

### Классические системы подачи охлаждённой воды

Для работы систем охлаждения и кондиционирования воздуха, так же как и большинству производственных процессов, необходима холодная вода – гораздо более холодная, чем та, которая циркулирует в градирнях в тёплое время года. Поэтому разработчики вводят в конструкции градирен системы подачи охлаждённой воды различных типов. Для дальнейшего обсуждения нам понадобится приведённое на **рис. 1** схематическое изображение базовой системы подачи охлаждённой воды.

Здесь для испарения хладагента, циркулирующего в испарителе, на контур охлаждённой воды передаётся технологическая тепловая нагрузка – тепло, выделяемое в процессе кондиционирования воздуха. После этого охлаждённая вода возвращается к источнику тепловой нагрузки. В это время пары хладагента сжимаются под давлением в компрессоре (в результате работы сжатия они нагреваются). После этого

сжиженный хладагент течёт в конденсатор, где это дополнительное тепло передаётся на водяной контур конденсатора. Разумеется, в результате всё тепло выбрасывается градирней в атмосферу, в ходе чего происходит охлаждение воды перед её возвращением в конденсатор.

Обратим внимание, что количество тепла, выбрасываемого градирней, превышает технологическую тепловую нагрузку за счёт работы (теплого вклада) охладителя. На показанной системе сжатия хладагента дополнительное «тепло сжатия» повышает нагрузку на градирне примерно на 25 % от технологического уровня. Поэтому, хотя «тонна охлаждения» по определению равна скорости теплорассеивания в 12 000 БТЕ/ч, реальная нагрузка на градирне с такой системой составляет 15 000 БТЕ/ч/тонн охлаждения.

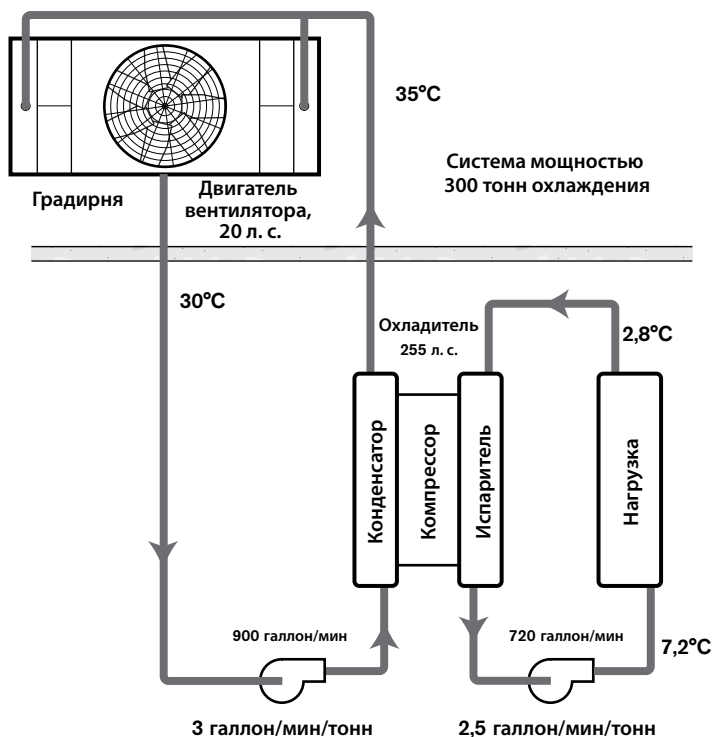
То же самое относится к системе абсорбционного охладителя. Для запуска процессов абсорбции и выброса паров хладагента это дополнительное тепло должно рассеиваться. Нагрузка на градирне в системе абсорбции примерно в 2,5 раз выше технологической нагрузки – примерно 30 000 БТЕ/ч/тонн охлаждения.

По ходу изложения мы будем использовать схему системы охлаждения на рис. 1 в качестве наглядного примера. Обозначенные здесь показатели температуры и уровня расхода характерны для работы системы кондиционирования в тёплое время года при полной нагрузке. Обратим внимание, что стандартная производительность насоса составляет 3 галлон/мин/тонн охлаждения для водяного контура конденсатора и 2,4 галлон/мин/тонн охлаждения для контура охлаждённой воды. Такие показатели производительности насосных систем отражают разницу в теплосодержании между водяным контуром конденсатора и контуром охлаждённой воды; в итоге они дают повышение температуры в обоих контурах на 5,5 °С. Мощность двигателя охладителя составляет 0,85 л. с./тонн охлаждения, что является стандартом для многих современных устройств этого типа.

Позже, при рассмотрении конструкции системы естественного охлаждения, станет понятна важность разницы в теплосодержании между двумя водяными контурами.

Как правило, технологические нагрузки не требуют столь низких температур, как указанная на рис. 1 температура 7,2 °С. Стандартные низкотемпературные процессы протекают в температурном диапазоне от 12,8 до 21,1 °С; в данной статье в качестве примера была произвольно выбрана температура 12,8 °С.





**РИС. 1** Система сжатия хладагента в охладителе.

В большинстве случаев основной причиной выбора температуры охлажденной воды 7,2 °С является необходимость осушения «кондиционированного» воздуха в тёплое время года. В некоторых системах после этого производится подогрев воздуха до температур, комфортных для человека, либо до необходимых эксплуатационных температур. Поскольку естественная влажность воздуха снижается прямо пропорционально его температуре, в холодное время года производить дополнительное осушение воздуха не требуется. Поэтому в это время и более высокие температуры охлажденной воды оказываются приемлемыми. Как мы увидим позже, эти повышенные температуры делают использование естественного охлаждения более выгодным, поскольку введение дополнительного источника тепла в систему абсорбции повлекло бы за собой существенные эксплуатационные затраты. В системе сжатия хладагента эксплуатационные расходы связаны с необходимостью постоянного поддержания мощности компрессора на уровне примерно 0,6–0,85 л. с./тонн охлаждения. Применение на градирнях систем естественного охлаждения позволяет избежать этих затрат в течение значительной части времени в году.

## Определение естественного охлаждения

Из схемы, изображенной на **рис. 1**, следует, что большую часть энергии в системе расходует охладитель, и логика подсказывает, что, отключив его, можно добиться огромной экономии.

В устранении затрат на энергоресурсы, связанных с эксплуатацией охладителя, и заключается цель процесса естественного охлаждения. Очевидно, что при этом необходим некий альтернативный механизм охлаждения воды. В подходящих погодных условиях и при определенных параметрах тепловой нагрузки функции охладителя воды может выполнять сама градирня.

Разработчикам спецификаций должно быть известно, что температура холодной воды в градирне понижается вместе с падением температуры по влажному термометру и/или тепловой нагрузки.

При определенной внешней температуре по влажному термометру температура холодной воды в системе – достаточно низкая для обеспечения технологических нужд или работы системы кондиционирования воздуха – будет достигаться и без участия охладителя. В этих случаях при оптимальных конструкции и расположении трубопровода охлаждающая вода градирни может обслуживать потребитель напрямую, без затрат на работу компрессора или дополнительные источники тепла.

## Параметры тепловой нагрузки

На **рис. 2** и **3** показаны кривые характеристик теплопроизводительности градирен при полной и при 50-процентной нагрузке (с тепловым вкладом от охлаждения и без него) с системой сжатия хладагента и системой абсорбции соответственно. Для упрощения сравнения сделано допущение, что градирни охлаждают одно и то же количество воды в обеих системах при одинаковой технологической нагрузке (3 галлон/мин/тонн охлаждения). Формула вычисления тепловой нагрузки выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{Нагрузка} &= \text{фунт воды/ч} \times (t_1 - t_2) = \text{ВТЕ/ч} \\ &= \text{галлон/мин} \times 500 \times \text{диапазон} \end{aligned}$$

где: галлон/мин = расход воды в градирне

диапазон = разница температур воды, поступающей в градирню и выходящей из градирни

$$500 = 8,33 \text{ фунт/галлон воды} \times 60 \text{ мин/ч}$$

Как правило, и соображения эксплуатационной эффективности, и необходимость предотвращения замерзания градирни требуют поддержания расхода воды на постоянном уровне. Поэтому очевидно, что снижение тепловой нагрузки напрямую ведёт к сокращению диапазона охлаждения ( $\Delta T$ ) на градирне.

Таким образом, диапазон охлаждения 5,5 °С стандартной системы, изображенной на **рис. 1**, при работающем охладителе сокращается до 4,4 °С при выключенном охладителе и полной тепловой нагрузке. При выключенном охладителе и 75 % тепловой нагрузки диапазон охлаждения сокращается до 3,3 °С, а при 50 % тепловой нагрузки – до 2,2 °С.

На основе этих данных разработчик способен рассчитать практически любое соотношение тепловой нагрузки и диапазона охлаждения.

В таком случае достижение максимальной эффективности системы естественного охлаждения при её разумной стоимости будет зависеть от грамотного применения этих принципов при выборе расчётных условий и разработке требований к оборудованию. Прежде чем перейти к изучению конструкций, используемых в настоящее время систем естественного охлаждения, рассмотрим их основные типы.

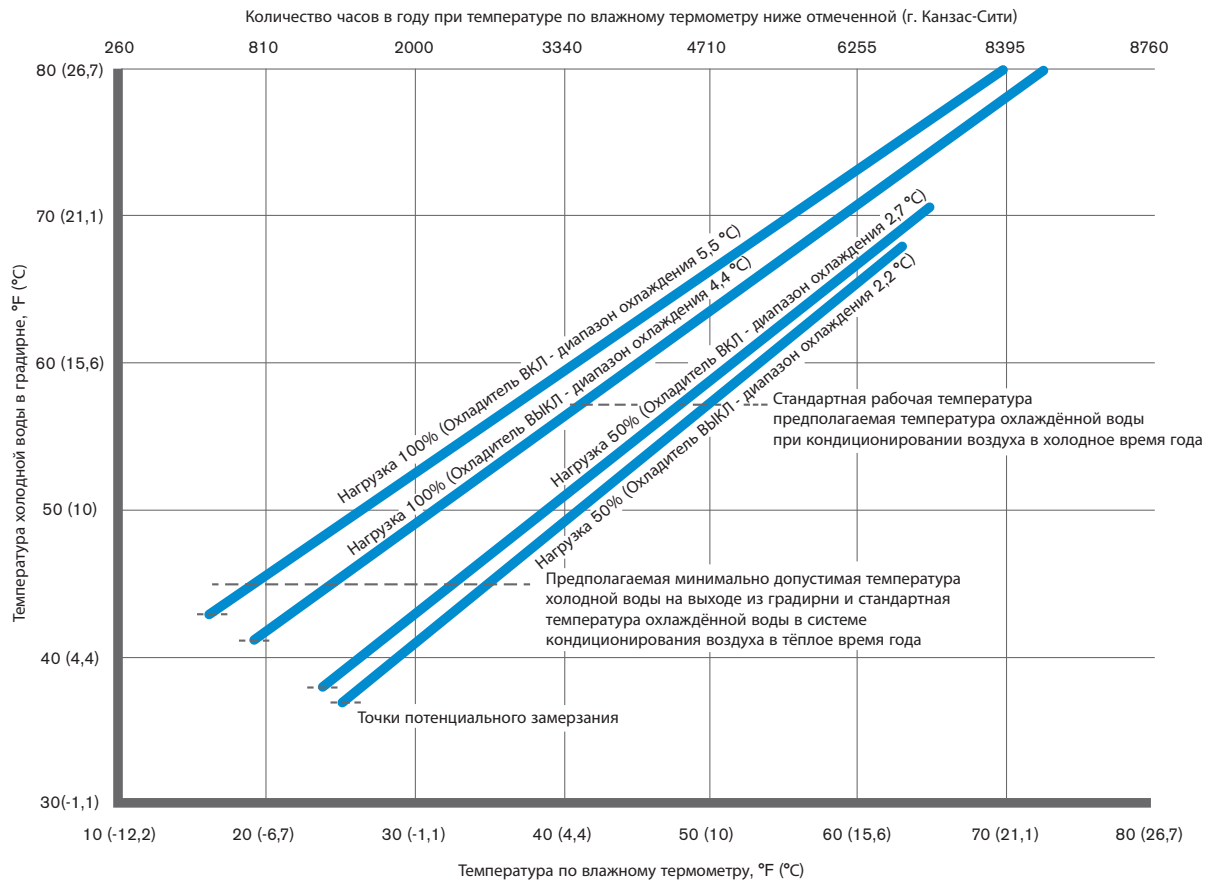


РИС. 2 Стандартный режим работы градирни с системой сжатия хладагента в охладителе.

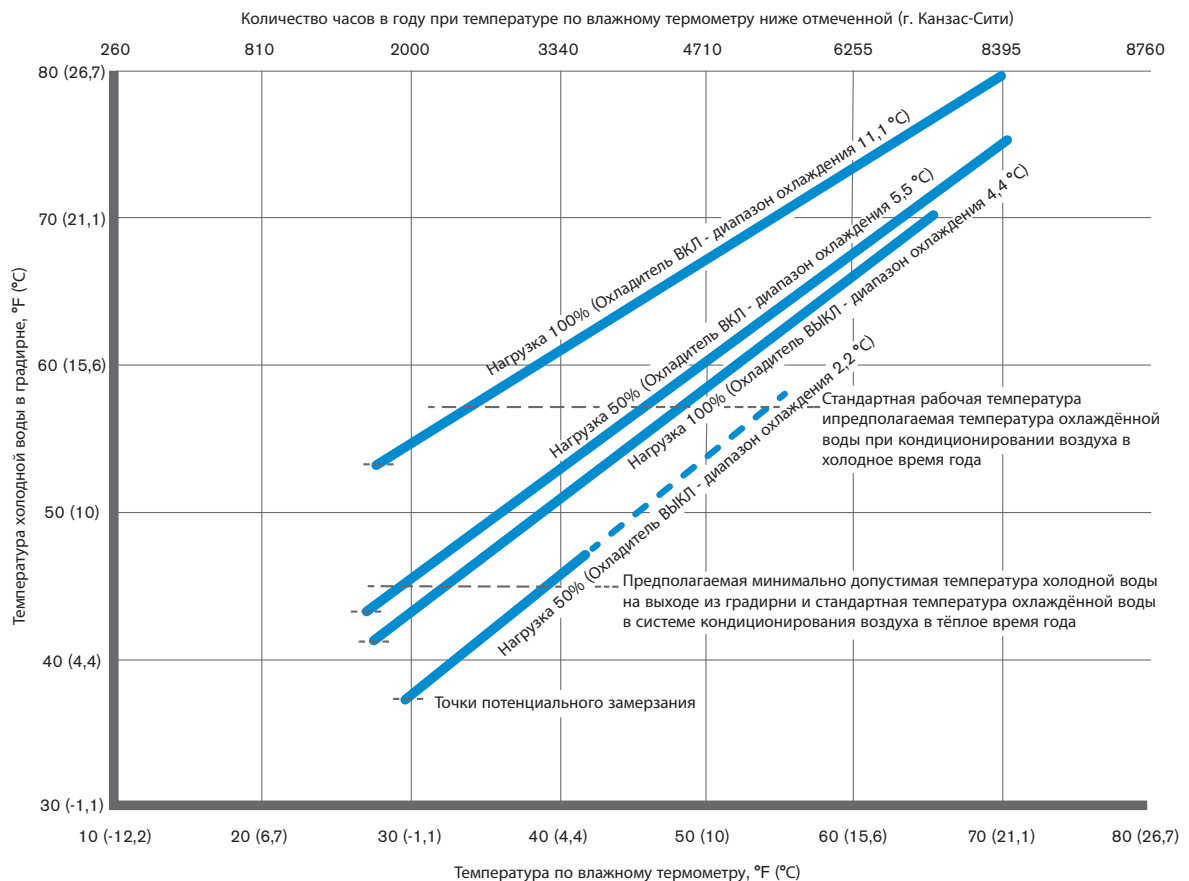


РИС. 3 Стандартный режим работы градирни с абсорбционным охладителем.

## Прямое естественное охлаждение

Простейшая и наиболее термически эффективная (и наименее рекомендуемая) конфигурация системы естественного охлаждения показана на **рис. 4**. Простая перепускная система здесь физически переключает водяной контур конденсатора и контур охлажденной воды на общий водяной тракт, соединяющий градирню с потребителем. Пунктирными линиями обозначено направление подачи воды в режиме естественного охлаждения.

Прямое соединение двух водяных контуров обеспечивает максимальное охлаждение потребителя при работе градирни на полную мощность. Показатели расхода и температуры, отмеченные на диаграмме, основаны на следующих допущениях:

1. Поток циркулирующей воды необходимо пустить в обход одного из двух насосов – как правило, отключают насос охлажденной воды. Использование насоса водяного контура конденсатора обеспечивает более эффективную работу градирни, поскольку в этом случае она продолжает работать при расчётных (либо приближающихся к расчётным) показателях расхода. Этот вопрос ещё будет обсуждаться в данной статье. Кроме того, по этой теме рекомендуется прочесть статью «Cooling Tower Energy and its Management» («Управление энергопотреблением градирен»).
2. Предполагается, что приложенная нагрузка остаётся постоянной (что возможно для технологического потребителя, однако маловероятно для комфортной работы системы кондиционирования воздуха), и температура холодной воды 13,9 °C, подаваемой на потребитель, считается приемлемой.

$$\frac{12,000 \text{ БТЕ/ч/тонн охлаждения}}{3 \text{ галлон/мин/тонн охлаждения} \times 500} = 8^{\circ}\text{F}$$

По формуле тепловой нагрузки видно, что рост температуры на потребителе составляет:

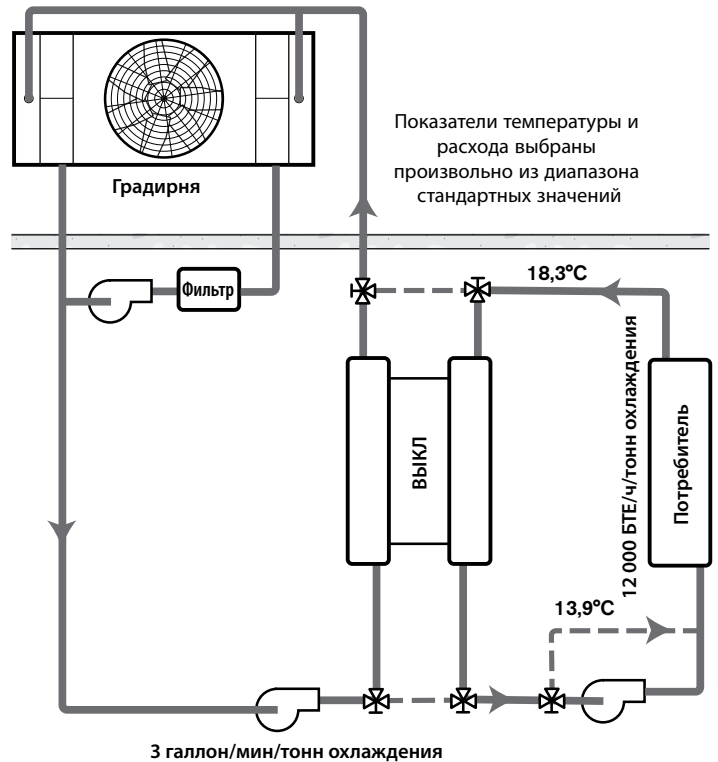
Итак, вода на градирне должна охлаждаться с 18,3 до 13,9 °C. На рис. 2 видно, что градирня с диапазоном охлаждения в 4,4 °C охлаждает воду до температуры 13,9 °C при температуре окружающей среды по влажному термометру примерно 6,7 °C. При меньших внешних температурах по влажному термометру вода будет охлаждаться до этой же, либо более низкой температуры.

При нагрузке 50 % (диапазон охлаждения 2,2 °C) процесс естественного охлаждения запускается при температуре по влажному термометру примерно 10,5 °C и далее продолжается при любых более низких температурах.

Использование подобных систем прямого соединения двух контуров обычно не рекомендуется, поскольку в них «чистая» охлажденная вода смешивается с «грязной» водой конденсатора, что вряд ли подходит большинству пользователей. Чтобы свести к минимуму засорение поверхностей теплообменников в контуре охлажденной воды, многие разработчики систем прямого соединения оборудуют их установками «фильтрации параллельного потока» для непрерывной фильтрации некоторого количества воды в общем контуре. Фильтр, изображённый на рис. 4, считается неотъемлемой частью системы этого типа.

Объём воды, который необходимо отфильтровать для эффективной очистки системы, зависит от характеристик подпиточной воды и атмосферного воздуха. Как правило, достаточным считается объём в 5–10 % от общей производительности насосной системы.

Фильтрация параллельного потока считается более предпочтительной, чем полная фильтрация потока, поскольку она не влияет на высоту напора в системе и поскольку она допускает промывку фильтров обратным потоком без использования дублирующих фильтров.



**РИС. 4** Прямая система естественного охлаждения.

## Непрямое естественное охлаждение

Введение в систему теплообменника, соединённого с охладителем параллельным перепускным контуром, обеспечивает полную изоляцию друг от друга контура охлажденной воды и водяного контура конденсатора во время цикла естественного охлаждения - см. **рис. 5**. Как правило, в типичных для таких водяных контуров условиях умеренных температур и низких давлений используются разные пластинчатые теплообменники. Кроме того, поскольку нормальная работа пластинчатых теплообменников возможна лишь при незначительных температурных перепадах (около 1,1 °C – в зависимости от размеров), они делают возможным разделение водяных контуров при минимальном снижении эффективности естественного охлаждения.

На **рис. 5** показано, что процесс естественного охлаждения при полной нагрузке даёт повышение температуры на потребителе на 5,5 °C, диапазон охлаждения градирни при этом составляет 4,4 °C. Небольшой диапазон охлаждения обусловлен отсутствием тепловой составляющей от работы компрессора. Кроме того, при естественной разнице в уровне расхода между двумя разделёнными водяными контурами такого общего диапазона охлаждения градирни ( $\Delta T$ ) вполне достаточно. Однако чтобы температура холодной воды на потребителе составляла 13,9 °C, на градирне вода должна охлаждаться до 12,8 °C – при условии, что теплообменник будет обеспечивать разность температур в 1,1 °C.

Теплообменник с рабочей разностью температур 2,2 °C, очевидно, станет более экономичным решением с точки зрения стоимости оборудования, однако при его использовании – как вскоре будет показано – существенно снизится количество рабочих часов в режиме естественного охлаждения; при этом температура холодной воды, исходящей из градирни, должна будет составлять 11,7 °C. Потенциальную экономию от приобретения более дешёвых теплообменников необходимо сопоставлять с дополнительными затратами, связанными с непрерывной эксплуатацией охладителя в те периоды, когда будет необходима вода более низкой температуры.

Большое значение имеет и падение давления на теплообменнике. Потеря давления на стороне теплообменника градирни не должна превышать потери давления в конденсаторе, в противном случае уровень расхода воды опустится ниже расчётного, отчего снизится эффективность работы градирни.

С другой стороны, для обеспечения небольшого перепада давления может потребоваться установка клапанов регуляции расхода на перепускной контур конденсатора, чтобы предотвратить чрезмерный расход воды и, опять же, снижение эффективности работы градирни. Иногда между регуляцией давления в теплообменнике и оптимизацией разности температур необходимо выбирать первое.

Помимо очевидных преимуществ в разделении водяных контуров системы непрямого естественного охлаждения дают операторам возможность изолировать охладители для проведения сезонных очисток и технического обслуживания.

Грамотно сконструированная система непрямого охлаждения обеспечивает практически 100-процентную эффективность естественного охлаждения и очевидно большее удобство в эксплуатации и техническом обслуживании.

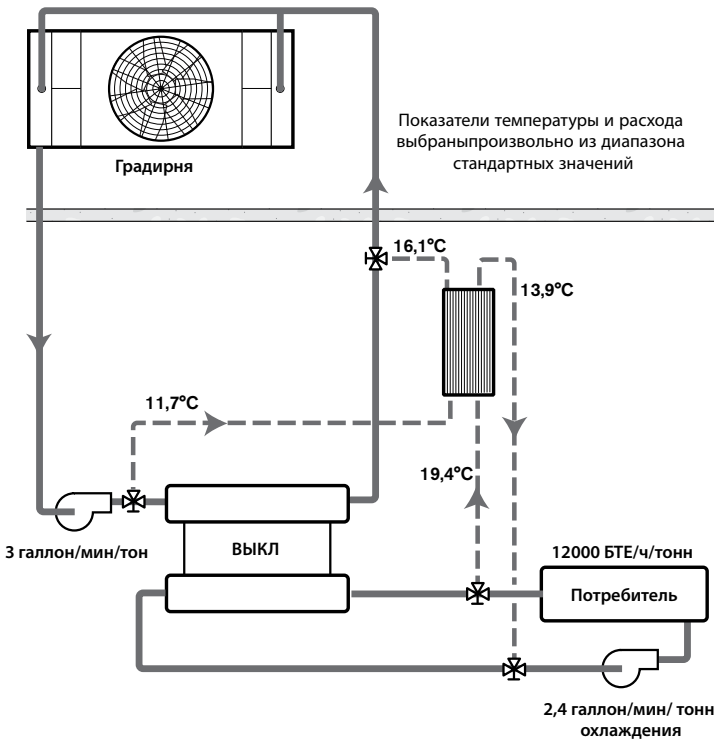


Рис. 5 Система непрямого естественного охлаждения.

## Естественное охлаждение с миграцией хладагента

Многие производители охладителей предлагают комплекты дополнительного оборудования, которое позволяет осуществлять естественное охлаждение по схеме, показанной на рис. 6. В такой системе при выключении компрессора открываются клапаны, что обеспечивает свободную миграцию паров хладагента из испарителя в конденсатор, и сжиженного хладагента – из конденсатора в испаритель.

Поскольку теплопередача здесь осуществляется в основном за счёт изменения агрегатного состояния хладагента, производительность таких систем редко превышает 25 % от полной тепловой нагрузки, хотя в предложение некоторых производителей входят системы с производительностью до 35 %. Указанные на рис. 6 температурные значения характерны для 25-процентной нагрузки.

Помимо невысокой теплопроизводительности системы этого типа обладают ещё одним ограничением: для обеспечения необходимого уровня теплопередачи температура холодной воды, поступающей с градирни, не должна превышать 7,2 °C. В связи с этим возможный срок ежегодного использования таких систем сокращается до сравнительно небольшого отрезка времени. В режиме работы с полной тепловой нагрузкой применение систем данного типа полностью исключено

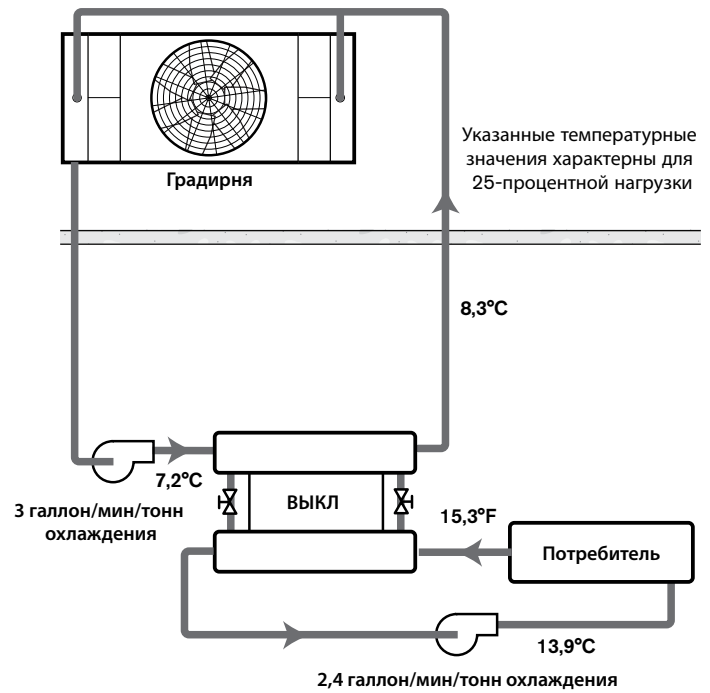


Рис. 6 Система естественного охлаждения с миграцией хладагента.

## Распределение нагрузки

Те из читателей, кто добрался до этого места в статье, теперь знают, что температура холодной воды, поступающей с градирни, падает с понижением тепловой нагрузки и внешней температуры по влажному термометру. Те же, кто прочёл ещё и статью *Cooling Tower Energy and its Management* («Управление энергопотреблением градирен»), знают, что мощность компрессора тоже сокращается с падением нагрузки и, как правило, с понижением температуры воды в конденсаторе.

Из этих положений вытекает возможность создания системы «с распределённой нагрузкой» (упрощённая схема которой приведена на рис. 7): рамный пластинчатый теплообменник, расположенный перед охладителем, постепенно понижает нагрузку на охладитель, за счёт чего в итоге достигается полное естественное охлаждение.

Цикл работы такой системы выглядит следующим образом:

1. При понижении внешней температуры и/или нагрузки температура на термостате  $T_1$  начинает приближаться к температуре на термостате  $T_2$ . Как только температура на  $T_1$  опускается ниже температуры на  $T_2$ , клапан  $V_1$  переключается и поток воды с градирни беспрепятственно поступает на теплообменник. При этом нагрузка на охладитель постепенно уменьшается до полного отсутствия.

Обратите внимание, что до открытия клапана вода течёт через дроссельный клапан (TV) напрямую в конденсатор, благодаря чему на водяном насосе  $P_1$  конденсатора создаётся постоянный напор, и, таким образом, расход воды на градирне стабилизируется на расчётном уровне. Давление на дроссельном клапане, разумеется, должно падать до расчётного значения для стороны теплообменника градирни.

2. В большинстве моделей охладителей при падении температуры воды в конденсаторе ниже определённого уровня не происходит дальнейшего соответствующего снижения рабочей мощности компрессора, вследствие чего могут возникать проблемы с давлением напора. Поэтому в системе подобного типа необходим термостат  $T_3$ , который при достижении этой температуры будет управлять переключением клапана  $V_2$ . При этом, как мы вскоре увидим, весьма важно, чтобы клапан  $V_2$  не переводился в положение полного перепуска в обход конденсатора. Обратите внимание, что на вторичном контуре также установлен дроссельный клапан

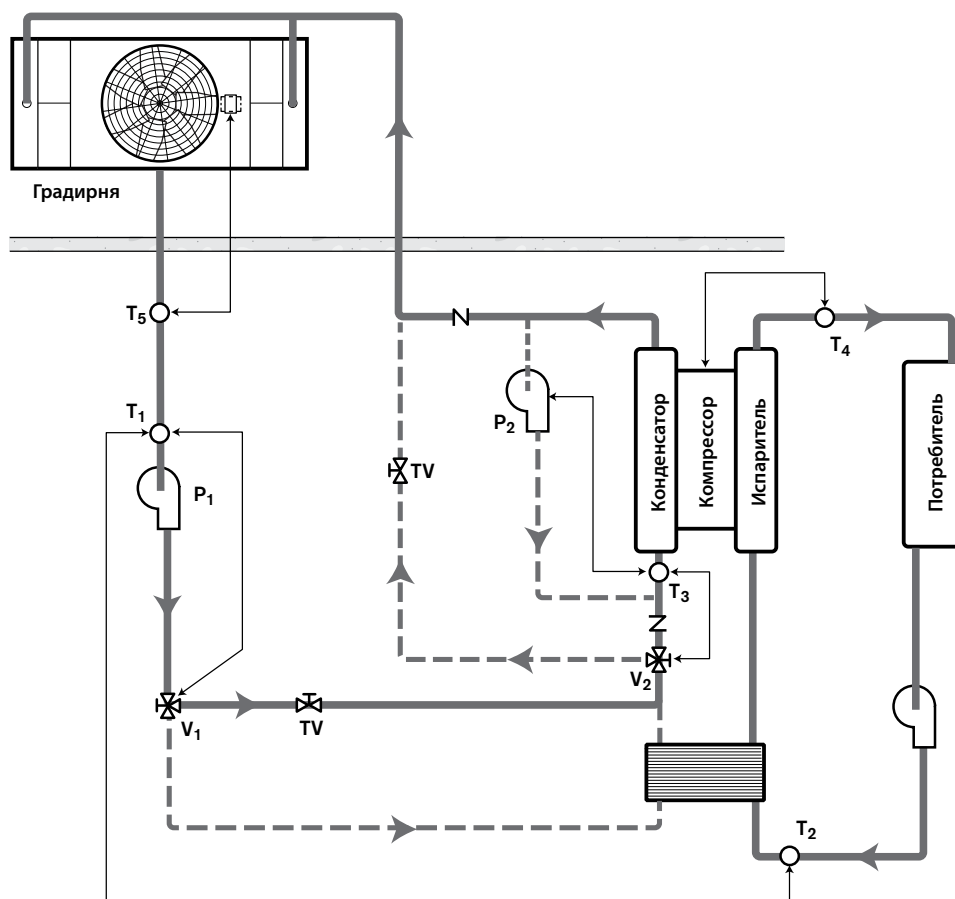


РИС. 7 Система естественного охлаждения с распределённой нагрузкой.

на котором давление должно понижаться до уровня, равного уровню давления на конденсаторе при максимальном расходе.

Термостат  $T_3$ , помимо прочего, должен включать вспомогательный насос  $P_2$  на третичном контуре. По этому контуру передаётся исходящее от конденсатора тепло, что позволяет сохранять необходимую температуру воды в конденсаторе. Также благодаря третичному контуру в конденсаторе поддерживается нужный уровень расхода воды. Мощности насоса  $P_2$  должно хватать для поддержания, по крайней мере, минимально необходимого притока воды в конденсатор при падении давления в конденсаторе ниже расчётного уровня. Клапан  $V_2$  всегда должен пропускать хотя бы небольшое количество воды в контур конденсатора, чтобы термостат  $T_3$ , фиксируя её температуру, мог адекватно управлять переключением этого клапана.

3. В итоге температура на термостате  $T_4$  будет ниже, чем требуется на потребителе, что вызовет отключение компрессора. Чтобы насос  $P_2$  не начинал работу до подачи питания на компрессор, они должны быть заблокированы. При необходимости термостат  $T_4$  также может использоваться для управления клапаном  $V_2$ , который будет направлять полный поток либо на конденсатор, либо на дроссельный клапан вторичного перепускового контура.
4. На этом этапе достигается режим полного естественного охлаждения: термостат  $T_5$  начинает управлять работой вентилятора (вентиляторов) который обеспечивает поддержание температуры холодной воды в градирне на расчётном уровне и экономию электроэнергии. Полное описание этой функции содержится в статье «Cooling Tower Energy and its Management» («Управление энергопотреблением градирен»).

## Оптимальное использование градирен

Большую часть энергии в системе охладителя потребляет компрессор. Смысл же процесса естественного охлаждения – в сокращении общего среднегодового времени работы компрессора. Если упустить это из виду, в итоге можно получить систему, работающую в убыток своему владельцу. Те же, кто внимательно относится к энергозатратам и уже применяет для их снижения естественное охлаждение, как правило, начинают искать для этого и другие способ, и тогда их внимание обращается к насосам.

Иногда пользователи крупных установок с несколькими охладителями, несколькими насосами и несколькими градирнями или секциями градирен пытаются эксплуатировать только то количество насосов на водяных контурах конденсаторов, которое необходимо для обслуживания потребителя. Такую практику нельзя назвать успешной, поскольку (если только каждый компонент системы не подбирался специально для такого использования и не подсоединён к градирне или секции градирен отдельно) в результате на градирне устанавливается уровень расхода, отличный от расчётного. Более того, повышение до максимума нагрузки на отдельные компоненты ведёт к росту температуры на конденсаторе, что, как показывает **рис. 2**, негативно отражается на свойствах охлаждающей воды.

Подобным же образом к убыткам может привести желание разработчиков системы естественного охлаждения использовать наименьшее возможное количество теплообменников, чтобы свести к минимуму расход, увеличить рост температуры и за счёт этого снизить первичные затраты на оборудование. В этом случае значительно сокращается среднегодовое время, в течение которого можно использовать естественное охлаждение, а следовательно, возрастают среднегодовые эксплуатационные затраты.

На **рис. 8** изображена система с максимальной эффективностью естественного охлаждения при минимальных затратах, связанных с работой пластинчатого теплообменника. Для упрощения изложения здесь сделано допущение, что в тёплое время года нагрузку обеспечивают три одинаковых охладителя, и что в холодное время года её уровень снижается втрое. В связи с этим выбран небольшой теплообменник, обеспечивающий уровень расхода и температур, соответствующий 1/3 максимальной нагрузки. Его размер позволяет ему пропускать 1/3 общего расхода конденсаторов при уровне рабочего давления, соответствующем падению давления на одном из трёх конденсаторов.

Если сравнить две возможные рабочие комбинации, преимущество поддержания максимального уровня расхода воды на конденсаторе станет очевидным:

В первом случае работает один насос водяного контура конденсатора, весь объём воды он направляет на теплообменник. После этого, благодаря работе клапанов на градирне, вся вода будет поступать только на одну её секцию.

При такой конфигурации расхода эта единственная рабочая секция будет испытывать полную расчётную нагрузку, поскольку комбинация 1/3 нагрузки и 1/3 общего расхода будет давать необходимый диапазон охлаждения в 4,4 °C. Из **рис. 2** следует, что этом режиме работы процесс естественного охлаждения на градирне будет поддерживаться только при понижении температуры по влажному термометру до 5,6 °C. Таким образом, компрессоры будут неактивны примерно 3600 часов в год.

Для рассмотрения второй рабочей комбинации возьмём противоположную ситуацию: предположим, что функционируют все насосы водяных контуров конденсаторов, но уровень расхода

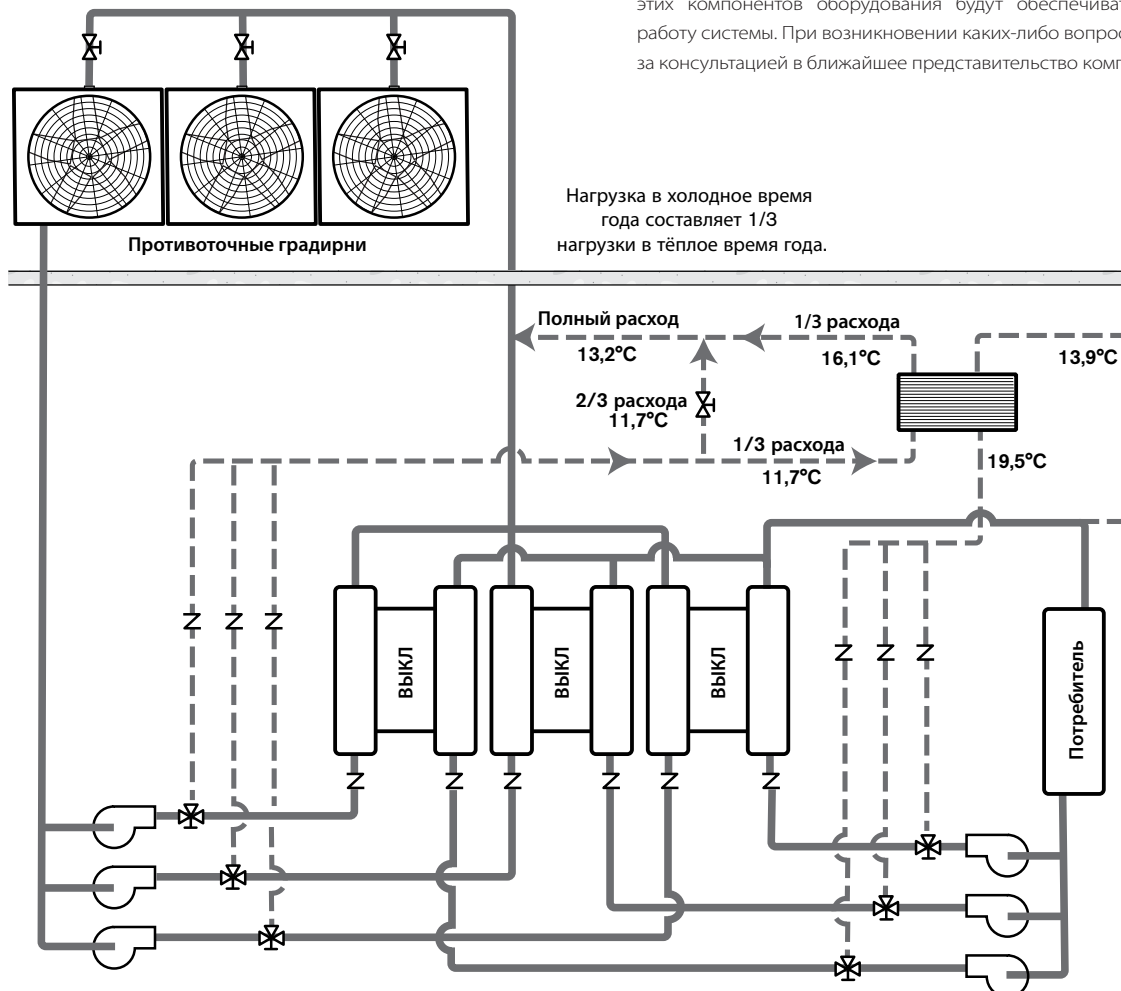
на теплообменнике составляет только 1/3 от полного расчётного. Оставшиеся 2/3 расхода будут перепускаться в обход теплообменника через чувствительный к давлению клапан и затем вновь смешиваться с водой, покидающей теплообменник.

При полном расчётном расходе на всех секциях градирни требуемый диапазон охлаждения для каждой из них будет составлять всего 1,5 °C. Из **рис. 2** следует, что в этом случае процесс естественного охлаждения на градирне будет начинаться при температуре по влажному термометру примерно в 11,1 °C, т. е. потенциальное время работы без компрессоров увеличится примерно до 1400 часов в год.

Разработчикам следует помнить, что мощность компрессора обычно намного выше мощности насоса водяного контура конденсатора, поэтому отказ от повышения мощности насоса, скорее всего, даст лишь ложную экономию. Ранней осенью и поздней весной максимальное использование водяных насосов конденсаторов и секций градирен будет обеспечивать максимально эффективное естественное охлаждение.

При этом, как показывают кривые характеристик теплопроизводительности, экономия энергоресурсов при пониженных температурах в холодное время года достигается за счёт эффективного управления работой насосов и секций градирен. Автоматическое управление системой, подобной изображённой на рис. 8, может осуществляться с помощью сравнительно простого оборудования. Процесс управления вентиляторами градирен при соответствующих температурах описан в статье Cooling Tower Energy and its Management («Управление энергопотреблением градирен»).

Вместе с тем, для упрощения, на **рис. 8** показаны охладители и насосы одинаковых габаритов, что необязательно для оптимальной работы системы. При использовании чувствительных к давлению клапанов для перепуска излишнего количества воды практически любые габариты этих компонентов оборудования будут обеспечивать эффективную работу системы. При возникновении каких-либо вопросов обращайтесь за консультацией в ближайшее представительство компании Marley.



**РИС. 8** Схема типичной многокомпонентной установки

## Выбор и эксплуатация градирен

Главная цель капиталовложений в модификацию систем под процессы естественного охлаждения – в последующем снижении затрат на энергоресурсы. Теоретически это означает, что подбор оборудования необходимо осуществлять на стадии разработки и по принципу наименьшего энергопотребления.

Поскольку довольно подробное сравнение градирен с искусственной тягой и лопастными вентиляторами и градирен с принудительной тягой и нагнетающими вентиляторами содержится в упомянутом выше информационном буклете, здесь мы не будем заново перечислять преимущества первых в плане энергоэффективности. Достаточно сказать, что градирни с принудительной тягой и нагнетающими вентиляторами должны обладать в два раза большей мощностью, что не лучшим образом отражается на эффективности управления энергопотреблением.

Основной сложностью, связанной с использованием технологии естественного охлаждения, является риск обмерзания градирен в холодное время года. Достаточно подробно этот вопрос рассматривается в отдельном информационном буклете под названием Cooling Towers and Freezing Weather («Градирни в холодное время года»). В двух словах: оптимальными характеристиками для работы в холодное время года обладают градирни с искусственной тягой. Градирни же с принудительной тягой не просто более предрасположены к обмерзанию – на них гораздо сложнее устранять обледенение. Более того, лёд на градирнях с принудительной тягой формируется в основном в районе воздухозаборников, где он мешает эффективному управлению расходом воздуха и создаёт высокую вероятность аварий.

## Потенциал естественного охлаждения

Потенциал естественного охлаждения – это то количество часов в году, в течение которых данная система может работать в режиме естественного охлаждения. Верные решения, принимаемые на этапе проектирования, помогают разработчикам активно управлять этим потенциалом.

Тремя главными факторами, лежащими в компетенции разработчиков и определяющими степень эффективности естественного охлаждения, являются расчётная температура охлаждённой воды, мощность теплообменников (в системах непрямого охлаждения) и мощность градирни. Ещё две важных переменных в этом уравнении – параметры тепловой нагрузки и, разумеется, погодно-климатические условия – лежат вне их компетенции. Однако учёт их влияния поможет повысить эффективность работы системы естественного охлаждения, уравновесить капитальные затраты с эксплуатационными.

Снижение тепловой нагрузки влияет на эффективность процессов естественного охлаждения кардинальным образом. При 50-процентном снижении нагрузки (оптимальном для комфортного кондиционирования воздуха в холодное время года) переход на режим естественного охлаждения осуществляется при температуре примерно на 5,5 °C выше, чем при полной нагрузке. В зависимости от географического положения производства это может дать 500–2000 часов работы в режиме естественного охлаждения ежегодно. Технологические нагрузки не столь зависимы от сезонных колебаний температуры, хотя иногда меняются и они. Чтобы в полной мере использовать все открывающиеся преимущества естественного охлаждения, может потребоваться введение сложной системы управления для автоматического переключения от работы охладителя на режим естественного охлаждения и обратно. Системы с распределённой нагрузкой прекрасно адаптируются к этой изменчивости.

В конечном итоге стоимость системы естественного охлаждения необходимо соотносить с тем уровнем потенциальной экономии энергоресурсов, который она гарантирует. Во многих отраслях промышленности стоимость энергии настолько высока, что даже ограниченное применение естественного охлаждения оказывается выгодным.

### SPX COOLING TECHNOLOGIES UK LTD

3 KNIGHTSBRIDGE PARK, WAINWRIGHT ROAD  
WORCESTER WR4 9FA ВЕЛИКОБРИТАНИЯ  
44 1905 750 270 | ct.fap.emea@spx.com  
spxcooling.com

ru\_H-002A | ВЫПУСК 10/2016  
COPYRIGHT © 2016 SPX CORPORATION

Изменения конструкции и/или замена материалов с целью усовершенствования изделий могут производиться без уведомления.

