



## FREE COOLING НА ЗАВОДЕ «ДАНОН ИНДУСТРИЯ»

**В. ФЕДОРОВ**, инженер по эксплуатации холодильного, компрессорного и вентиляционного оборудования ООО «Данон Индустрия»

Компания «Данон-Юнимилк» на своем заводе «Данон Индустрия» в Чеховском районе Московской области производит йогурты, творожки и другие молочные продукты. С 2000 г. завод постоянно модернизируется, расширяя ассортимент и объем выпускаемой продукции.

Подверглась модернизации и система приготовления ледяной воды: в 2009 г. был введен в эксплуатацию новый аммиачный компрессорный цех с эффективными пластинчатыми водоохладителями (испарителями). Максимальная мощность (холодопроизводительность) оборудования этого цеха 5500 кВт. При суммарной электрической мощности, потребляемой для производства ледяной воды 1500 кВт, коэффициент энергетической эффективности COP не выше 3,6 (5500 кВт/1500 кВт). Холодильное оборудование – главный потреби-

тель электроэнергии на заводе, поэтому снижение энергозатрат на этом участке стало стратегией предприятия на многие годы.

В рамках решения такой задачи еще в 2006 г. на заводе была введена в эксплуатацию первая установка с использованием естественного холода для производства охлаждающей воды с температурой 9,5 °С. Однако, имея ограниченные возможности по температуре и расходу воды, эта установка обслуживает всего один или два теплообменника для охлаждения молочных продуктов.

В 2008 г. на расширенном совещании компании по снижению энергозатрат автором данной статьи были предложены принципиальная схема установки с использованием естественного холода (FreeCooling) при производстве 800 м<sup>3</sup>/ч ледяной воды с температурой 1,5...2,5 °С и оценочный расчет ее эффективности. Техническое руководство компании высоко оценило предложенные решения, позволяющие значительно снизить расход электроэнергии при производстве ледяной воды в зимний период.

Разработкой теплотехнического раздела проекта и подбором оборудования занимался автор статьи и он же совместно с менеджером Брианом Йохансенем, руководителем проекта, осуществлял его реализацию. При проектировании решалась задача обеспечения завода ледяной водой в необходимом количестве и требуемого качества (температура, давление и микробиологические показатели) при температуре наружного воздуха ниже –10 °С.

Для получения ледяной воды зимой достаточно подать воду на «мокрую» градирню, чтобы снять основную тепловую нагрузку. Правда, есть некоторое «но»: во-первых, возможно недопустимое микробиологическое загрязнение получаемой охлаждающей воды для молочного производства при контакте с воздухом; во-вторых, при испарении воды повышается процент содержания солей в единице объема, а значит, и количество пищи для бактерий.



Четыре сухие градирни Güntner

Получать ледяную воду при отрицательных температурах напрямую охлаждением в сухих градирнях (драйкулерах) опасно, так как это может привести к разрушению трубопроводов. Поэтому была реализована схема с сухой градирней и пластинчатым теплообменником, где промежуточным хладоносителем является 40%-ный водный раствор пропиленгликоля. Ледяная вода отдает ему тепло в пластинчатом теплообменнике; это тепло переносится пропиленгликолем в сухую градирню, а от нее передается в окружающую среду. Охлажденный пропиленгликоль возвращается в пластинчатый теплообменник, где вновь отбирает тепло от ледяной воды.

Температура пропиленгликоля на входе в пластинчатый теплообменник должна быть неотрицательной, однако достаточно близкой к 0 °С для обеспечения эффективного теплообмена. При этом возможны замерзание ледяной воды между пластинами теплообменника и, как следствие, остановка производства молочной продукции (по сути всего завода).

В проекте задачу поддержания необходимой температуры пропиленгликоля решают прежде всего четыре сухие градирни компании Güntner типа GFD общей холодильной мощностью 5970,8 кВт (мощность рассчитана при  $t_{\text{возд}} = -10 \text{ °C}$ ) путем бесступенчатого регулирования скорости вращения вентиляторов.

Подбор сухих градирен Güntner по всем необходимым параметрам осуществлялся по программе GüntnerProductCalculatorCustomer (программу можно найти на сайте компании).

Пластинчатые теплообменники, произведенные в Нижнем Новгороде компанией «РИДАН», рассчитаны по расходам ледяной воды, пропиленгликоля и по необходимой холодильной мощности. На сайте компании имеется программа расчета теплообменников.

Температура и расход охлаждаемой ледяной воды на заводе «Данон Индустрия» меняются непредсказуемо и с большой скоростью, поэтому в гидравлическую схему пропиленгликоля включен трехходовой клапан для защиты пластинчатого теплообменника от разрушения.

Общее управление установкой осуществляется контроллером Siemens, который регулирует:

- скорость вращения вентиляторов по встроенной шине Profibus одновременно всех сухих градирен Güntner, поддерживая усредненную температуру про-



Пластинчатые теплообменники

пиленгликоля на выходе; при этом используется PID от контроллера Siemens (пропорционально-интегрально-дифференциальная система регулирования). Имеется возможность управления с помощью контроллера Güntner температурой пропиленгликоля на выходе любой из сухих градирен со своим собственным датчиком температуры и PID-регулятором. Каждая сухая градирня может работать автономно;

- скорость вращения валов насосов циркуляции пропиленгликоля для регулирования температуры ледяной воды на выходе из пластинчатого теплообменника; при этом используется PID от контроллера Siemens (пропорционально-интегрально-дифференциальная система регулирования);

- систему расширения пропиленгликоля, его давление в требуемых пределах.

Контроллер Siemens обеспечивает также:

- защиту пластинчатого теплообменника от разрушения по предельно малому расходу ледяной воды (при заданной предельно низкой температуре пропиленгликоля на входе в пластинчатый теплообменник) и перепаду давлений ледяной воды в пластинчатом теплообменнике;

- автоматический запуск и остановку FreeCooling по уставке «температура улицы».

Для визуализации процесса в системе применяется интерфейс «SCADA», который позволяет в режиме реального времени управлять оборудованием, изменять уставки, настройки PID, получать аварийные сообщения, архивировать полученные данные. В программе заложены и используются широкие возможности для анализа работы установки в целом и каждого ее элемента в частности. Так, программа строит



Насосное оборудование

графики, отображая такие текущие параметры, как:

- температура:
  - улицы;
  - ледяной воды на входе и выходе установки;
  - пропиленгликоля на входе и выходе пластинчатого теплообменника;
  - пропиленгликоля на выходе из каждой градирни;
- давление пропиленгликоля до и после насосов циркуляции;

- процент загрузки:
  - вентиляторов градирни;
  - насосов циркуляции;
- потребляемая электрическая мощность:
  - вентиляторов сухих градирен;
  - суммарная электрическая мощность установки  $N_{эл}$ ;
- холодильная мощность установки по ледяной воде, определяемая как

$$N_{хол} = Q_{л.в} \rho_{л.в} c_{л.в} (t_{вх.л.в} - t_{вых.л.в}),$$

где  $Q_{л.в}$  – расход ледяной воды, м<sup>3</sup>/с (также выводится в виде графика);

$\rho_{л.в}$  – плотность ледяной воды при  $t_{ср.л.в} = (t_{вх.л.в} + t_{вых.л.в})/2$ , кг/м<sup>3</sup>;

$c_{л.в}$  – удельная теплоемкость ледяной воды,  $c_{л.в} = 4,194$  кДж/(кг·К);

$t_{вх.л.в}$ ,  $t_{вых.л.в}$  – температуры входа и выхода ледяной воды соответственно;

- коэффициент энергетической эффективности  $COP = N_{хол} / N_{эл}$ .

*Техническая характеристика элементов установки FreeCooling (хладоноситель – водный 40%-ный (по объему) раствор пропиленгликоля; расчетная температура атмосферного воздуха  $t_{возд} = -10$  °С)*

Холодильная мощность четырех сухих градирен Güntner, кВт	5970,8
Максимальная электрическая мощность вентиляторов градирни, кВт	201,6
Максимальная электрическая мощность насосов циркуляции пропиленгликоля, кВт	150
Суммарная потребляемая электрическая мощность установки, кВт	351,6

Использовать полную холодильную мощность сухих градирен Güntner невозможно из-за потерь при теплопередаче в пластинчатом теплообменнике и потерь на трение хладоносителя в гидравлической системе в целом. Оценочные потери холодильной мощности составляют около 1100 кВт.

При расчетной температуре атмосферного воздуха  $-10$  °С и нагрузке по ледяной воде 5000 кВт  $COP = N_{хол} / N_{эл}$  реально достигал 17.

По своим техническим характеристикам и возможностям установка превзошла ожидания: при определенных параметрах ледяной воды на входе в пластинчатый теплообменник, а именно при  $t_{вх} \geq 7,5$  °С, она эффективнее аммиачной холо-



дильной установки даже при температуре атмосферного воздуха  $1$  °С. В этом случае холодильной мощности установки FreeCooling недостаточно и она используется для предварительного охлаждения ледяной воды, окончательное охлаждение осуществляется водоохладителями аммиачной холодильной установки.



При температуре атмосферного воздуха ниже  $-30$  °С и нагрузке по ледяной воде 5000 кВт вентиляторы градирни останавливали полностью, насосами поддерживали минимальный расход пропиленгликоля, используя 65 % мощности. Потребляемая электрическая мощность установки составляла 97,5 кВт, коэффициент энергетической эффективности  $COP = N_{хол} / N_{эл} = 5000/97,5 = 51,28!!!$

Концепция естественного охлаждения в зимний период отлично зарекомендовала себя в этом проекте, поэтому компания «Данон-Юнимилк» планирует смонтировать подобные установки на всех своих молочных заводах, где позволяют климатические условия.

В феврале 2012 г. в ООО «Данон Индустрия» с помощью установки FreeCooling было сэкономлено 1,2 млн руб. В декабре 2012 г. получена не меньшая экономия. Установка с использованием естественного холода без натяжек полностью окупится уже через 5 лет (при этом в расчетах не учитывалось снижение затрат на эксплуатацию аммиачной холодильной установки в течение календарного года).

Возможно, это еще не самый эффективный способ использования «бесплатного холода» для производства ледяной воды, и здесь нас могут ждать новые инновационные решения.