

- устройству теплоизоляции зданий / Джалалов М.Н., Савйовский А.В. // Матеріали X Міжнародної наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів. Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Вип. 2011-3(89), Макіївка, ДНАБА, 2011. – с. 82–84.
9. Зміна № 1 ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель / Мінрегіон України. – К.: Укрархбудінформ, 2013. – 10 с.
10. Барзилович Д. В. Розвиток системи нормативних документів України із забезпечення енергозбереження та енергоефективності будівель / Д. В. Барзилович, Г. Г. Фаренюк // Будівельні конструкції: Міжвідомчий наук.-техн. зб. – вип. 77. – К.: НДІБК, 2013. – С 3-9.

УДК 628.87

Ляховецкая-Токарева М.М.

Государственное высшее учебное заведение

«Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

РАБОТА КРУГЛОГОДИЧНОЙ СИСТЕМЫ ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРУНТОВОГО АККУМУЛЯТОРА ХОЛОДА В ПЕРЕХОДНОЙ ПЕРИОД ГОДА

Постановка проблемы. В связи с ростом дефицита и цен на энергоносители проблемы энергоснабжения приобретают всю большую актуальность. В промышленных холодильных установках и крупных системах кондиционирования воздуха широко используются водоохлаждающие машины – испарители. В системах кондиционирования воздуха доля водоохлаждающих холодильных установок составляет не менее 80% [1]. Поэтому энергосбережение с использованием этого класса оборудования может способствовать успешному выполнению программы энергосбережения, особенно в связи с участвовавшими энергетическими коллизиями в Украине и возможностью введения ночных тарифов на электроэнергию [8].

Снижение энергопотребления во многом определяется на этапе проектирования конкретного объекта путем выбора схемы, подбора оборудования и алгоритма работы. При проектировании систем кондиционирования воздуха расчетные параметры наружного воздуха должны соответствовать действующим нормативным документам. Для территории Украины средняя максимальная температура редко превышает +31,5°C, однако для охладителей жидкости с воздушным охлаждением конденсатора принимают другие расчетные условия: температура окружающего

воздуха +35°C, температура воды на выходе из испарителя холодильной машины +7°C, на входе +12°C.

Анализ публикаций. Одним из важных моментов при проектировании является учет неравномерности нагрузки на системах кондиционирования воздуха во времени. [2; 3] Нередко подбор оборудования производят по пиковым нагрузкам, что приводит к необходимости увеличивать производительность систем кондиционирования воздуха на 30–40% относительно допиковой нагрузки. Так, в системах кондиционирования офисных помещений в теплый период пиковые нагрузки возникают с 12 до 15 часов, в то же время ночью системы кондиционирования воздуха практически не используются. Перепад суммарных теплопритоков достигает значений 2,5 – 3,0. В театральных залах максимальный теплоприток приходится на период представления (80 – 150 Вт на человека). Пиковые нагрузки возникают во многих технологических процессах [4-6].

Цель статьи. Разработать рациональную систему круглогодичного охлаждения технологической воды с использованием естественного холода наружного воздуха, искусственного холода и холода от грунтового теплообменника. И определить технологические режимы работы

круглогодичной системы охлаждения технологической воды (кондиционирование воздуха и холодоснабжение) в зависимости от используемого источника холода: с использованием естественного холода наружного воздуха, искусственного холода и холода от грунтового теплообменника.

Материалы статьи. В зависимости от периода года разработана система охлаждения технологической воды. Предложенная система представлена на рис. 1 и работает она таким образом [9].

В теплый период, когда температура воздуха достигает 20°C и выше, система на рис. 1 переходит в режим работы «теплый». При этом теплообменник грунтового контура 5 отключается вентилем 11 и нагретая вода от потребителя сначала охлаждается циркулирующей через градирню 1 водой в теплообменнике естественного охлаждения 3, а затем холодильной машиной 8 до необходимой температуры.

В переходный период, когда с помощью естественного охлаждения достиже-

ние необходимой температуры холодоносителя становится невозможным из-за повышения температуры атмосферного воздуха, система переходит в режим работы «переходный», при этом нагретая вода от потребителя, при помощи насоса естественного охлаждения 4, поступает в теплообменник естественного охлаждения 3, где охлаждается циркулирующей через градирню 1 водой. Далее охлажденная вода поступает в теплообменник грунтового контура 5, где дополнительно охлаждается низкотемпературной водой, циркулирующей через грунтовой контур 6 при помощи насоса 7.

Предложенная система дает возможность не применять холодильную машину, пока температура внешнего воздуха не поднимется до +15°C и выше. При таких температурах предложенная система обеспечивает необходимую температуру холодоносителя без использования холодильной машины.

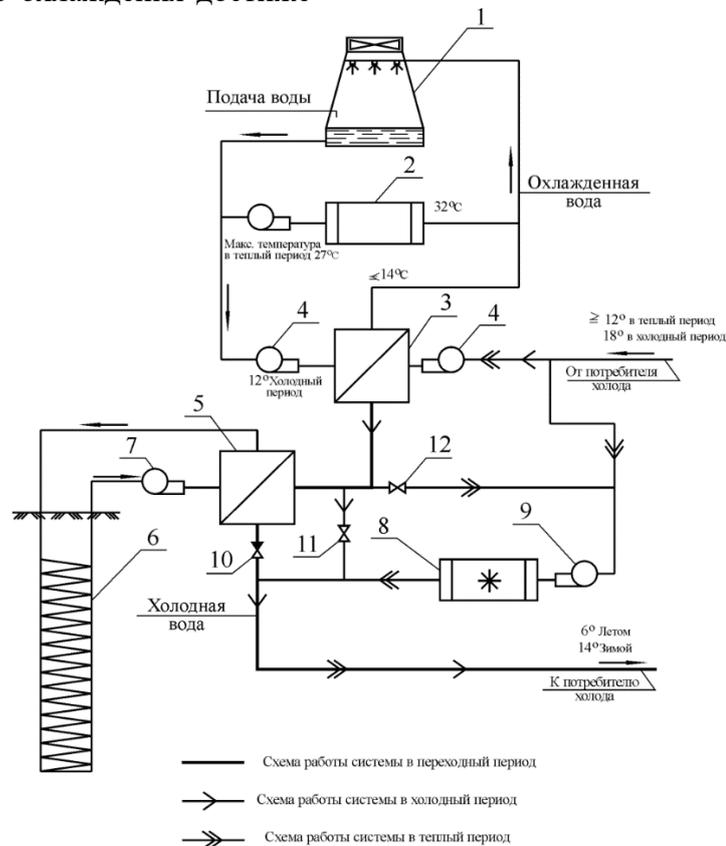


Рис. 1. Система охлаждения технологической воды:

1 – градирня; 2 – конденсатор; 3 – теплообменник естественного охлаждения; 4 – насосы естественного охлаждения; 5 – теплообменник грунтового контура; 6 – замкнутый грунтовой контур; 7 – насос грунтового контура, 8 – холодильная машина; 9 – насос холодильной машины; 10 – клапан запорный проходной; 11 и 12 – вентили

Постоянно поступающее из недр земли на ее поверхность низкопотенциальная теплота оценивается в 4×10^{10} кВт, по отношению к поверхности земли это представляет собой приблизительно $0,7$ кВт·ч/(м²·год). Использование низкопотенциальной теплоты грунта целесообразно осуществлять посредством грунтовых теплообменников или термоскважин низкопотенциальной теплоты подземных вод.

Известно, что температура на глубине 3 – 4 метра под землей, независимо от температуры атмосферного воздуха, держится в пределах $9 - 10^\circ\text{C}$. Эту температуру называют «подвальной». Для чего в грунте на глубине от 3 метров и более прокладываются трубы, по которым циркулирует холодоноситель (вода). Ей передается низкопотенциальная теплота грунта. Охлажденная вода поступает к потребителю, после чего возвращается обратно в грунтовой теплообменник.

Для уменьшения установочной производительности систем кондиционирования воздуха и обеспечения технологических или комфортных условий при пиках нагрузки используют аккумуляторы холода, принцип работы которых состоит в следующем: до наступления пиковой нагрузки холодильная машина включается на полную мощность и в резервуарах-охладителях замораживается вода или охлаждается жидкость с отрицательной температурой замерзания. В период пика путем отбора холода ото льда (плавление) или охлажденной жидкости пополняют недостающую производительность холодильной машины. Сезонные пиковые нагрузки, характерные для систем кондиционирования воздуха, можно сглаживать путем отбора холода ото льда, накапливаемого в изотермических контейнерах в межсезонье.

Аккумулировать холод можно с температурами ниже 0°C , используя эвтектические растворы этиленгликоля, солей хлористого калия, хлористого натрия, хлористого магния и др. Известно несколько способов аккумуляции холода.

Аккумуляция холода ледоводяной смесью. В этом типе аккумуляторов лед вырабатывается при помощи ледогенера-

тора и ссыпается в аккумулятор. В аккумуляторе образуется смесь льда и воды – «шуга».

Аккумуляция холода с использованием капсул-заполнителей. Этот способ состоит в том, что лед в аккумуляторе холода не имеет непосредственного контакта с охлаждающей жидкостью, а образуется в полиэтиленовых капсулах-накопителях. Аккумулятор холода, представляющий собой теплоизолированный резервуар, заполняется такими капсулами. Капсулы отливаются под давлением из полиэтилена высокой плотности и заполняются специальной жидкостью.

Расход холода системами первого типа зависит от количества и параметров наружного воздуха и продолжительности работы системы микроклимата в течение расчетных суток и не зависит от колебания тепловых нагрузок в обслуживаемых помещениях. Расход холода системами второго типа зависит от количества и параметров наружного воздуха, колебаний избытков теплоты в обслуживаемых помещениях и продолжительности работы системы в течение расчетных суток.

При расчете аккумуляторов холода принимается, что температура наружного воздуха в расчетные сутки изменяется по закону гармонических колебаний с максимумом в 14 или 15 ч и минимумом в 2 или 3 ч.

Расход холода в расчетные сутки при прочих равных условиях зависит от типа систем кондиционирования воздуха, при этом различают два типа систем.

К первому типу относятся системы кондиционирования воздуха, подающие в помещения постоянные количества обработанного наружного воздуха непосредственно или в смеси с рециркуляционным воздухом. При этом последний подмешивается до камеры орошения (или до воздухоохладителя) кондиционера, а регулирование параметров воздуха в помещениях производится изменением температуры подаваемого воздуха в воздухонагревателях второго или местного подогрева. Ко второму типу относятся системы кондиционирования воздуха, в которых в зависимости от избытков теплоты для регулирования параметров воздуха в помещениях

изменяют количество подаваемого воздуха или воздуха, поступающего на вторую рециркуляцию, или периодически выключают из работы часть кондиционеров.

Расход холода системами первого типа зависит от количества и параметров наружного воздуха и продолжительности работы систем кондиционирования воздуха в течение расчетных суток и не зависит от колебания тепловых нагрузок в обслуживаемых помещениях. Расход холода системами второго типа зависит от количества и параметров наружного воздуха, колебания избытков теплоты в обслуживаемых помещениях и продолжительности работы системы в течение расчетных суток.

При расчете аккумуляторов холода принимается, что температура наружного воздуха в расчетные сутки изменяется по закону гармонических колебаний с максимумом в 15 ч и минимумом в 3 ч по формуле [7]:

$$t_n = t_{p.l} - \delta \cdot \Delta t_A, \quad (1)$$

де t_n – средняя температура наружного воздуха в любой час расчетных суток, °С; $t_{p.l}$ – расчетная наружная температура для теплого периода года, °С; Δt_A – средняя амплитуда колебаний температуры наружного воздуха в течение расчетных суток, °С; δ – коэффициент, определяемый по расчету или по таблице и равный:

$$\delta = \frac{1 + \cos[15(\tau - 3)]}{2}, \quad (2)$$

τ – время в расчетные сутки, ч.

При отсутствии атмосферных осадков влагосодержание наружного воздуха достаточно стабильно в течение суток и принимается постоянным. При этих условиях расход холода в системах кондиционирования воздуха первого и второго типов в любой τ час расчетных суток:

$$q = k[\Delta I_{cp} + 0,5m_\tau \Delta t_A(1 - 2\beta)]L_p + q_n + q_{ак} \quad (3)$$

где k – коэффициент загрузки кондиционеров по холоду в долях от полной загрузки; для систем первого типа $k = 1$, а для систем второго типа k равен отношению избытков теплоты в обслуживаемом помещении в

данный час суток к максимальным расчетным избыткам теплоты, послужившим основой для определения производительности кондиционера.

Средняя расчетная разность удельных энтальпий воздуха:

$$\Delta I_{cp} = \Delta I_{макс} - 0,5m_\tau \Delta t_a, \quad (4)$$

здесь $\Delta I_{макс} = I_{нач} - I_{кон}$ – максимальная расчетная разность удельных энтальпий воздуха, кДж/кг, соответствующая охлаждению воздуха от начальной энтальпии перед воздухоохладителями $I_{нач}$ до конечной энтальпии после воздухоохладителей $I_{кон}$; при работе на одном наружном воздухе $I_{нач} = I_{p.l}$ (где $I_{p.l}$ – расчетная удельная энтальпия наружного воздуха в теплый период года, кДж/кг); при работе с рециркуляцией:

$$I_{нач} = I_{p.l}m_\tau + I_{реци}(1 - m_\tau), \quad (5)$$

$I_{реци}$ – удельная энтальпия рециркуляционного воздуха, кДж/кг; $m_\tau = (L_p)_н / (L_p)$ – доля наружного воздуха в смеси в данный час суток τ (здесь $(L_p)_н$ – расход наружного воздуха в общем расходе охлаждаемого воздуха, кг/ч); Δt_a – амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в теплый период года, °С; β – постоянная для данного часа величина; (L_p) – общий расход охлаждаемого воздуха, кг/ч; q_n – тепловой поток в сети холодоснабжения за счет работы насосов кондиционеров, кДж/ч; $q_{ак}$ – тепловой поток в аккумулятор холода и трубопроводы за счет разности температур, кДж/ч (определяли расчетом).

Для определения суточного расхода холода строили почасовой график в координатах τ и q (рис. 2). Часовые расходы холода определяли, принимая для каждого часа соответствующую величину m_τ (для систем первого типа) или k (для систем второго типа). Планиметрируя площадь, ограниченную полученной кривой АБВГДЕЖЗИ, находили общий расход холода $Q_{сут}$, кВт·ч.

Часовые расходы холода определяли, принимая для каждого часа соответствующую величину m_τ (для систем первого типа) или k (для систем второго типа). Планиметрируя площадь, ограниченную полученной кривой, находят общий расход холода $Q_{сут}$, кВт·ч.

Минимальная полезная производительность холодильной станции, работающей с аккумуляцией холода:

$$Q_{x.cm} = \frac{Q_{cym}}{P}, \quad (6)$$

где P – продолжительность работы холодильной станции в течение суток; допускается принимать $P = 24$ ч, если круглосуточная работа станции с полной нагрузкой продолжается не более 7 суток подряд; при более продолжительных периодах следует принимать $P \leq 22$ ч.

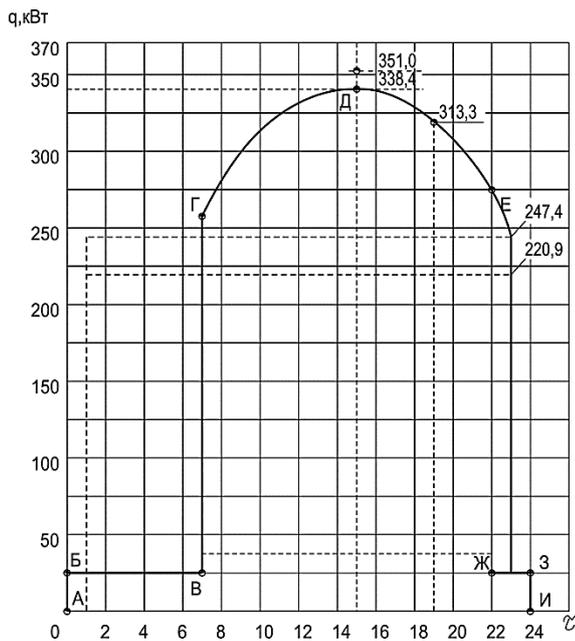


Рис. 2. Примерный график расхода холода

Выводы. 1. Использование в переходный период низкопотенциальной теплоты грунтового контура для дополнительного охлаждения воды от потребителя, охлажденной циркулирующей через градирню водой, снижает необходимость в применении холодильной машины на протяжении переходного периода года, что позволяет существенным образом экономить энергоресурсы.

2. Разработана рациональная система круглогодичного охлаждения технологической воды с использованием естественного холода наружного воздуха, искусственного холода и холода от грунтового теплообменника.

3. Разработана концептуальная технологическая модель методов рационального использования энергоресурсов, в том

числе и нетрадиционных в системах холодоснабжения:

– теплый период года (при температуре наружного воздуха $+15^{\circ}\text{C} \dots +25^{\circ}\text{C}$ и выше) вода охлаждается в испарителе холодильной машины от $+12^{\circ}\text{C}$ до $+6^{\circ}\text{C}$;

– переходной период года (при температуре наружного воздуха $+15^{\circ}\text{C} \dots 0^{\circ}\text{C}$) вода охлаждается от 10°C до 8°C в грунтовом теплообменнике;

– холодный период года (при температуре наружного воздуха $0^{\circ}\text{C} \dots -15^{\circ}\text{C}$ и ниже) вода охлаждается в контактном теплообменнике (градирне) от 18°C до 14°C .

ЛИТЕРАТУРА:

1. Берман Л. Д. Испарительное охлаждение циркуляционной воды / Л. Д. Берман – М.: Госэнергоиздат, 1957. – 136 с.
2. Большаков В. И. Энергосберегающая технология холодоснабжения с использованием атмосферного холода / В. И. Большаков, В. Б. Скрыпников, М. М. Ляховецкая, Ю. В. Скрыпников // Одесса: «Холодильная техника и технология», 2008. – № 4. – С. 34–39.
3. Большаков В. И. Анализ возможностей использования естественного холода в системах микроклимата / В. И. Большаков, В. Б. Скрыпников, М. М. Ляховецкая, Ю. В. Скрыпников // Одесса: «Холодильная техника и технология», 2009. – № 6. – С. 45–51.
4. Большаков В. И. Оценка энергоэффективности систем микроклимата с использованием искусственных и естественных источников холода / В. И. Большаков, В. Б. Скрыпников, М. М. Ляховецкая, Ю. В. Скрыпников // Одесса: «Холодильная техника и технология», 2011. – № 3. – С. 7–12.
5. Грудзинский М. Н. Пути совершенствования установки для тепловлажностной обработки приточного воздуха в зимнее время // Водоснабжение и санитарная техника / М. Н. Грудзинский, В. Н. Ливчак // М.: Стройиздат, 1972. – № 5. – С. 26–29.
6. Зусманович Л. М. Анализ современных методов расчета оросительных воздухоохладителей / Л. М. Зусманович // Вопросы обработки воздуха в контактных аппаратах, ЦИНИС Госстроя СССР. – М., 1970. – С. 38–40.
7. Карпис Е. Е. Энергосбережение в системах кондиционирования / Е. Е. Карпис / 2-

- е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 268 с.
8. Козлов В. М. Использование возобновляемых источников энергии в рыночных условиях / В. М. Козлов, М. Хеккила – М.: Теплоэнергетика. – 2000. №2. – С. 64–67.
 9. Скрыпников В. Б. Деклараци́нный патент F24F 5/00 Система охолодження технологічної води / Скрыпников В. Б., Савицький М. В., Ляховецька М. М., Скрипніков Ю. В., Липський Г. Г. – Дніпропетровськ, ПДАБА, 2009.

УДК 628.147.25

Алейникова А.И.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОДОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ БЕСТРАНШЕЙНЫМ СПОСОБОМ

Введение. Модернизация и реконструкция действующих и строительство новых трубопроводов централизованного водоснабжения зачастую проходят на территориях городов, действующих промышленных предприятиях, в трудных геологических и географических условиях, при действии ряда технических, технологических и экологических ограничений. При этом их трассы пересекают реки, болота, овраги, лесные массивы, автомобильные и железные дороги, другие трубопроводы, территории действующих предприятий. Очевидно, что производство работ традиционными методами с внешней экскавацией грунта в этих условиях либо сильно затруднено, либо зачастую невозможно, что значительно сказывается на стоимости производства работ. Эти и целый ряд других факторов естественного и искусственного происхождения обуславливают особую актуальность ускоренного внедрения бестраншейной техники и технологий в строительство, ремонт и реконструкцию подземных коммуникаций в нестандартных условиях.

Целью данной статьи является исследование технологических особенностей строительства водораспределительных сетей бестраншейным способом.

Результаты исследования. Как известно, строительство сетей водоснабжения проводится в основном двумя способами: открытым и закрытым (бестраншейным) [1]. Решение проблемы прокладки

трубопроводов видится в широком использовании бестраншейных технологий с применением специального оборудования. Во многих крупных зарубежных городах прокладка инженерных коммуникаций открытым способом уже запрещена. В настоящее время в Украине значительно возросло число объектов, где находят применение различные методы бестраншейной технологии прокладки сетей водоснабжения. В связи с этим возникает ряд вопросов по внедрению современного оборудования, разработке нормативной базы и расценок, подготовке кадров для бестраншейного строительства и популяризации данного способа производства работ.

В практике строительства водопроводных сетей применяются альтернативные открытому способу методы строительства [2], к которым относятся:

- 1) Бестраншейная прокладка труб без извлечения грунта – прокол:
 - путем статического внедрения (гидродомкратами, полиспапными системами и др.);
 - путем применения ударных устройств (пневмопробойников и др.).
- 2) Бестраншейная прокладка труб с разработкой и извлечением грунта – продавливание:
 - с опережающей разработкой грунта перед прокладываемой трубой (транспортирование грунта по трубе шнеком, конвейером и др.);