Автономная некоммерческая организация
дополнительного профессионального образования
«Институт холодильных систем и пищевых производств»

«Утверждаю»
Директор АНО ДПО «ИХС ПП»

Рассолов В.И.

Учебный план
дополнительного профессионального образования
(повышение квалификации):
Курс «Проектирование систем холодоснабжения на базе водоохлаждающих машин (чиллеров)»

Цель: дать новые знания, навыки и умения
Категория слушателей: проектировщики систем ОВиК и систем холодоснабжения технологических процессов
Срок обучения: 72 учебных часа (учебный час-45 минут).
Теоретический и практический курс

ПЕРВЫЙ ДЕНЬ 10:00 – 17:00

Теория

1. **История развития холодильной техники.**
   - 1.1. Теоретические основы получения холода
   - 1.2. Основные понятия и определения в холодильной технике
   - 1.3. Способы получения холода
     - 1.3.1. Нециклические
     - 1.3.2. Циклические
2. **Холодильный цикл парокомпрессионной холодильной машины**
   - 2.1. Идеальный цикл
   - 2.2. Реальный цикл
   - 2.3. Прямой и обратный циклы Карно
3. **Системы холодоснабжения, использующие парокомпрессионный цикл**
   - 3.1. Бытовые и коммерческие сплит-системы
   - 3.2. Крышные моноблоки
   - 3.3. VRF-системы
   - 3.4. Системы теплоотвода от электронного оборудования (ЦОДов)
4. **Практические занятия: расчет холодильного цикла.**

ВТОРОЙ ДЕНЬ 10:00 – 17:00

4. **Современные системы холодоснабжения зданий и технологических процессов.**
   - 4.1. По способу получения холода
     - 4.1.1. Испарительные
     - 4.1.2. Абсорбционные
     - 4.1.3. Парокомпрессионные
   - 4.2. По применению
     - 4.2.1. Для систем вентиляции и кондиционирования зданий
     - 4.2.2. Для технологических процессов
5. **Основные компоненты системы холодоснабжения**
   - 5.1. Водоохлаждающая машина (чиллер)
     - 5.1.1. Парокомпрессионные водоохлаждающие машины
     - 5.1.2. Типы компрессоров
       - 5.1.2.1. По исполнению
         - 5.1.2.1.1. Сальниковые
         - 5.1.2.1.2. Бессальниковые
         - 5.1.2.1.3. Герметичные
       - 5.1.2.2. По способу сжатия (объемные)
         - 5.1.2.2.1. Поршневые
         - 5.1.2.2.2. Спиральные
         - 5.1.2.2.3. Винтовые
       - 5.1.2.3. По способу сжатия (динамические)
         - 5.1.2.3.1. Центробежные
       - 5.1.2.4. Приводы компрессоров с частотным регулированием

5.1.2.5. Моноблоки с воздушным охлаждением конденсатора
5.1.2.6. Компрессорно-конденсаторные блоки и выносные испарители
5.1.2.7. Водоохлаждающие машины с выносными конденсаторами
5.1.2.8. Водоохлаждающие машины с воздушными конденсаторами, установленными внутри помещения
5.1.2.9. Эффективность водоохлаждающих машин
5.1.3. Испарители водоохлаждающих машин
5.1.3.1. Пластинчатые
5.1.3.2. Кожухотрубные (сухие)
5.1.3.3. Кожухотрубные (затопленные)
5.1.3.4. Специальные
5.1.4. Конденсаторы водоохлаждающих машин с водяным охлаждением
5.1.5. Конденсаторы водоохлаждающих машин с воздушным охлаждением
5.1.6. Сравнение водоохлаждающих машин с конденсаторами с водяным и с воздушным охлаждением

5.2. Практические занятия: расчет системы соединительных трубопроводов хладагента.

ТРЕТИЙ ДЕНЬ 10:00 – 17:00

6. Холодильный цикл абсорбционной холодильной машины

6.1. Теория. Процессы абсорбции
6.2. Тепловые машины
6.3. Цикл абсорбционной холодильной машины
6.3.1. Абсорбционные водоохлаждающие машины
6.3.1.1. Типы абсорбционных водоохлаждающих машин
6.3.2. Системы ко-генерации и тригенерации
6.4. Система международной сертификации водоохлаждающих машин
6.4.1. Энергетическая эффективность работы холодильных машин
6.4.1.1. Система международной сертификации оборудования
6.4.1.2. Экологическая маркировка оборудования
6.5. Экологическая безопасность водоохлаждающих машин
6.5.1. Шумовые характеристики
6.5.1.1. Звуковая мощность
6.5.1.2. Звуковое давление
6.5.2. Методы снижения шума от холодильных машин
6.5.2.1. Снижение шума от компрессоров
6.5.2.2. Снижение шума от трубопроводов
6.5.2.3. Снижение шума от вентиляторов
6.5.2.4. Снижение шума с помощью опционных устройств
6.5.2.5. Снижение шума с помощью установки звукопоглощающих экранов
6.6. Теплообменники нагрузки систем холодоснабжения
6.6.1. Управление с помощью трехходовых вентилей
6.6.2. Управление с помощью двухходовых вентилей
6.6.3. Управление с помощью насоса теплоносителя с переменным расходом
6.6.4. Сдвоенный воздушный клапан (регулирующий расход воздуха через теплообменник по обводной линии)
6.7. Система распределения охлажденной воды
6.7.1. Насосы охлажденной воды
6.7.2. Распределительные трубопроводы
6.7.3. Варианты системы распределения охлажденной воды
6.7.3.1. Система с постоянным расходом
6.7.3.2. Система с первичным и вторичным контуром
6.7.3.3. Система с регулируемым расходом первичного контура

6.8. Практические занятия: Расчет шумовых характеристик чиллера на основе данных Eurovent

ЧЕТВЕРТЫЙ ДЕНЬ 10:00 – 17:00

6.8. Система циркуляции воды, охлаждающей конденсатор
6.9. Градирни
6.9.1. Испарительные
6.9.1.1. Принцип и теория испарительного охлаждения
6.9.1.2. Классификация градирен
6.9.1.3. Типы градирен
6.9.1.3.1. Градирни с естественной тягой воздуха
6.9.1.3.2. Градирни с механической тягой воздуха
6.9.1.3.3. Градирни открытого типа
6.9.1.3.4. Градирни с замкнутым контуром (испарительные)

6.9.1.4. Конфигурация градирен
6.9.1.5. Элементы градирен
6.9.1.6. Проектирование и конфигурация градирен для работы при низких температурах
6.9.2. Сухие градирни
6.9.2.1. Основные элементы конструкции
6.9.3. Гибридные градирни (сухие с системами адиабатического охлаждения)
6.9.3.1. Технология адиабатического охлаждения
6.9.3.2. Система AFS
6.9.3.3. Система WFS
6.9.3.4. Система EPS
6.9.4. Варианты системы циркуляции воды, охлаждающей конденсатор
6.9.4.1. Одна градирня на каждую водоохлаждающую машину
6.9.4.2. Группа насосов на группу водоохлаждающих машин
6.10. Принципы управления работой системы
6.11. **Практические занятия: Тепловой расчет контура рекуперации чиллера.**

ПЯТЫЙ ДЕНЬ 10:00 – 17:00

7. Варианты применения систем холодоснабжения
7.1. Система малой производительности (1-2 водоохлаждающие машины)
7.1.1. Постоянный расход холодоносителя
7.1.2. Переменный расход холодоносителя
7.1.3. Выбор метода отвода теплоты конденсации
7.1.4. Количество водоохлаждающих машин
7.1.5. Параллельная или последовательная конфигурация
7.1.6. Работа системы с частичной производительностью
7.2. Система средней производительности (3-5 водоохлаждающих машин)
7.2.1. Сложная система управления
7.2.2. Варианты ротации и резервирования водоохлаждающих машин
7.3. Оценка работы системы холодоснабжения
7.3.1. Измерение рабочих параметров водоохлаждающей машины
7.3.2. Принципы мониторинга эффективности работы системы холодоснабжения
7.3.3. Энергетический и экономический анализ системы холодоснабжения

8. Основные параметры для проектирования системы холодоснабжения
8.1. Руководство по выбору значений расходов и температур охлажденной воды и воды, охлаждающей конденсатор
8.2. Стандартные диапазоны температур
8.3. Температуры воды, охлаждающей конденсатор
8.3.1. Значения расходов охлажденной воды и воды, охлаждающей конденсатор
8.3.2. Стандартные условия для расходов воды в контурах охлаждения и конденсатора
8.3.3. Выбор диапазона расходов воды в контурах охлаждения и конденсатора
8.3.4. Теплообмен при снижении температуры воды на входе в испаритель
8.3.5. Функционирование градирни при снижении расхода в контуре конденсатора
8.4. Экономическое обоснование

9. Конфигурация системы
9.1. Параллельное расположение водоохлаждающих машин
9.2. Последовательное расположение водоохлаждающих машин
9.3. Системы с развязанным гидравлическим контуром (первичный-вторичный)
9.3.1. Гидравлическая развязка
9.3.2. Производство холода
9.3.3. Распределение холода
9.3.3.1. Преимущества системы с развязанным гидравлическим контуром для распределения холода
9.3.4. Устройство насосного оборудования
9.3.4.1. Традиционное расположение насосов
9.3.4.2. Параллельное расположение распределительных насосов вторичного контура
9.3.4.3. Третичное распределение на нагрузке
9.3.4.4. Принцип работы системы с развязанным гидравлическим контуром
9.3.5. Управление работой системы холодоснабжения на основе расхода теплоносителя
9.3.5.1. Регулирование расхода теплоносителя
9.3.5.2. Регулирование температуры теплоносителя
9.3.6. Согласование работы водоохлаждающих машин в системах с развязанным гидравлическим контуром
9.3.6.1. Включение дополнительной водоохлаждающей машины
9.3.6.2. Отключение лишней водоохлаждающей машины
9.3.7. Несколько водоохлаждающих машин в контуре распределения

9.4. Системы с переменным расходом первичного контура (VPF)
9.4.1. Преимущества системы VPF
9.4.2. Требования по выбору водоохлаждающей машины
9.4.2.1. Диапазоны изменения расхода теплоносителя
9.4.2.2. Управление работой водоохлаждающей машины при переменном расходом теплоносителя
9.4.3. Конфигурация системы и требования к управлению ее работой
9.4.3.1. Точное измерение расхода теплоносителя
9.4.3.2. Расположение байпасной линии
9.4.3.3. Управление расходом в байпасной линии
9.4.4. Согласование работы водоохлаждающих машин в системах с VPF
9.4.4.1. Включение дополнительной водоохлаждающей машины в систему с VPF
9.4.4.2. Исключение лишней водоохлаждающей машины из системы VPF
9.4.5. Прочие аспекты управления системой с VPF
9.4.5.1. Использование нескольких теплообменников нагрузки (AHU) и попеременный их запуск/остановка по определенному временному графику
9.4.6. Конфигурация холодильного центра с системой VPF
9.4.6.1. Варианты последовательного расположения водоохладителей в небольших системах с VPF.
9.4.6.2. Оценка экономической целесообразности системы VPF для установок с одной водоохлаждающей машиной.
9.4.7. **Практические занятия: Расчет массобменного баланса в первичном и вторичном контурах системы холодоснабжения.**

<u>ШЕСТОЙ ДЕНЬ</u> 10:00 – 17:00

9.4.7.1. Снижение «синдрома низкого ΔT» путем объединения насосов охлажденной воды
9.4.8. Рекомендации для успешной реализации системы VPF
9.4.8.1. Выбор водоохлаждающей машины
9.4.8.2. Расход теплоносителя в байпасной линии
9.4.8.3. Согласование работы нескольких водоохлаждающих машин
9.4.8.4. Конфигурация элементов холодильного центра
9.4.8.5. Управление работой теплообменников нагрузки (центральными кондиционерами (AHU))

10. Различные варианты системы холодоснабжения
10.1. Рекуперация теплоты
10.2. Естественное охлаждение в контуре конденсатора или «водяной экономайзер»
10.2.1. Прямое естественное охлаждение
10.2.2. Непрямое естественное охлаждение
10.2.3. Естественное охлаждение с помощью миграции хладагента
10.2.4. Использование потенциала естественных водоемов: источника, реки или озера
10.3. Предпочтительная загрузка водоохлаждающей машины
10.3.1. Предпочтительная загрузка – параллельное расположение водоохлаждающих машин
10.3.2. Предпочтительная загрузка – расположение водоохлаждающей машины в боковом потоке
10.3.2.1. Пластинчатый теплообменник в боковом потоке
10.3.2.2. Рекуперация теплоты в боковом потоке
10.3.2.3. Управление параметрами бокового потока
10.3.3. Предпочтительная загрузка – последовательное расположение водоохлаждающих машин
10.4. Последовательное расположение водоохлаждающих машин с противотоком теплоносителя
10.4.1. Последовательное расположение испарителей и конденсаторов
10.5. Группа водоохлаждающих машин с разной производительностью

11. Особенности и проблемы систем холодоснабжения
11.1. Синдром низкой разности температур ΔT
11.2. Объем теплоносителя в контуре
11.2.1. Реакция водоохлаждающей машины на изменяющиеся условия
11.2.2. Реакция системы холодоснабжения на изменяющиеся условия
11.3. Планирование мероприятий на случай непредвиденных обстоятельств
11.3.1. Минимальная производительность системы холодоснабжения
11.3.2. Тип и производительность водоохлаждающих машин
11.3.3. Расположение оборудование на объекте
11.3.4. Подсоединения электропитания и гидравлических контуров
11.3.5. Вспомогательное оборудование
11.4. Эксплуатация водоохлаждающих машин за пределами диапазона рабочих параметров
11.4.1. Расход теплоносителя вне проектных значений
11.4.2. Рабочие температуры вне проектных значений
11.4.3. Точное поддержание температуры теплоносителя.

11.5. **Практические занятия: Расчет объема теплоносителя в контуре охлаждения. Расчет объема льдоаккумулятора.**

12. **Заключение: основные правила при проектировании системы холодоснабжения**

СЕДЬМОЙ ДЕНЬ 10:00 – 14:00

12. Круглый стол.

13. Экзаменационная часть.

14. Выдача документов.