

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям по дисциплине
«Кондиционирование воздуха и холодоснабжение»

для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01- Строительство,
профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»

СОДЕРЖАНИЕ

- ПЗ № 1 Основные свойства влажного воздуха. I-d-диаграмма влажного воздуха. Процессы нагрева, охлаждения и смешения воздуха. Процессы взаимодействия воздуха с водой постоянной температуры
- ПЗ № 2 Построение процессов обработки воздуха в СКВ при прямоточных системах теплого периода. Построение процессов обработки воздуха в СКВ при прямоточных системах холодного периода
- ПЗ № 3 Выбор расчетных параметров наружного и внутреннего воздуха. Построение луча процесса изменения состояния влажного воздуха в кондиционируемом помещении. Определение параметров приточного и удаляемого воздуха
- ПЗ № 4 Построение процессов обработки воздуха в СКВ с первой рециркуляцией в теплый период. Построение процессов обработки воздуха в СКВ с первой рециркуляцией в зимний период

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

Основные свойства влажного воздуха. I-d-диаграмма влажного воздуха. Процессы нагрева, охлаждения и смешения воздуха.

Процессы взаимодействия воздуха с водой постоянной температуры

1.1 Теоретическая часть

Практически все процессы вентиляции и кондиционирования связаны с атмосферным воздухом, который является влажным воздухом, т.к. в атмосферном воздухе всегда присутствуют водяные пары.

Влажный воздух, в первом приближении, можно рассматривать как бинарную смесь, состоящую из водяного пара и приведенного однородного газа - сухой части атмосферного воздуха, эффективная молекулярная масса которого $\mu_v = 29$ кг/кМоль. Тогда барометрическое давление влажного воздуха, определяется как давление смеси газов

$$P_v = P_{св} + P_{п},$$

где $P_{св}$, $P_{п}$ - парциальные давления сухого воздуха и водяных паров.

Давление насыщенного водяного пара является функцией только температуры и может быть определено по таблице или по формуле Г.К. Филоненко

$$\lg P_n = - (0.622 + 7,5t_n / (238 + t_n)),$$

где t_n - температура насыщенного воздуха.

Температуры водяного пара и сухого воздуха одинаковы и равны температуре влажного воздуха. Компоненты влажного воздуха занимают объем, равный объему всей смеси. Парциальное давление каждого компонента смеси определяется уравнением Клапейрона (с достаточной для

технических расчетов точно можно считать, что влажный воздух подчиняется законам смеси идеальных газов)

$$p_i = m_i R_i T / V,$$

где m_i - масса i -того газа;

R_i - газовая постоянная i -того газа;

T - температура газа;

V - объем газа.

Влажный воздух называется ненасыщенным, если его температура больше температуры насыщенного пара, соответствующей парциальному давлению водяных паров. При этом пар во влажном воздухе перегретый.

*Влажный воздух называется насыщенным, если его температура равна температуре насыщения при данном парциальном давлении водяных паров. Эта температура влажного воздуха называется **температурой точки росы**.*

Если температура воздуха станет меньше температуры точки росы, то излишняя влага будет выделяться из воздуха (конденсироваться) в виде тумана, росы, а парциальное давление водяных паров и температура насыщения будут снижаться.

Абсолютной влажностью воздуха называется масса водяного пара содержащегося в одном кубическом метре влажного воздуха. Она численно равна плотности пара при его парциальном давлении P_n и температуре T .

Относительной влажностью воздуха называется отношение его абсолютной влажности при данной температуре и парциальном давлении пара (T и P_n) к максимально возможной абсолютной влажности при той же температуре и давлении насыщения P_n .

Относительная влажность выражается в процентах

$$\varphi = \rho_n / \rho_n 100\% = P_n / P_n 100\%,$$

т.к. из уравнения состояния при $T = \text{const}$ следует, что $P_{\text{п}} / P_{\text{н}} = v_{\text{н}} / v_{\text{п}} = \rho_{\text{п}} / \rho_{\text{н}}$.

При обработке влажного воздуха в аппаратах изменяется количество водяных паров, содержащихся в воздухе, а содержание сухого воздуха остается постоянным. Поэтому удобно использовать единицу измерения, выражающую отношение переменного количества влаги к постоянной массе сухого воздуха.

Влагосодержанием называется масса водяного пара, приходящаяся на 1 кг сухого воздуха

$$d = m_{\text{п}} / m_{\text{с.в}} = \rho_{\text{п}} 10^3 / \rho_{\text{с.в}} = \mu_{\text{п}} p_{\text{п}} / (\mu_{\text{св}} p_{\text{св}}), \text{ г / кг сух. возд}$$

$$d = 0,622 P_{\text{п}} / (P_{\text{в}} - P_{\text{п}})$$

Удельную теплоемкость влажного воздуха относят к единице массы сухой части воздуха

$$c_{\text{в}} = c_{\text{св}} + c_{\text{п}} d / 1000 = 1,005 + 1,8068 d \cdot 10^{-3}.$$

Энтальпию влажного воздуха также относят к единице массы сухого воздуха

$$I = c_{\text{в}} t + 2500 d \cdot 10^{-3} = 1,005 t + (2500 + 1,8068 t) d \cdot 10^{-3}$$

Для практических расчетов процессов и состояния влажного воздуха используется I - d - диаграмма влажного воздуха, предложенная Л.К. Рамзиным. Диаграмма построена в косоугольной системе координат для увеличения полезной части диаграммы. Угол между осями I - d составляет 135° (150°). На диаграмме нанесены следующие линии постоянных параметров: I , d , t , ϕ . Кроме того, на диаграмме нанесены линии постоянной температуры для мокрого термометра $t_{\text{м}} = \text{const}$. Когда ненасыщенный воздух соприкасается с поверхностью тонкой пленки воды, то происходит тепломассообмен, т.е. будет переноситься тепло и влага в направлении более низкого потенциала. Если температура ненасыщенного воздуха окажется выше температуры воды, а температура воды - выше температуры точки

росы, то перенос тепла будет происходить от воздуха к поверхности воды, а перенос влаги - от поверхности воды в воздух. Температура воздуха будет понижаться, а отдаваемое тепло будет затрачиваться на испарение влаги. Испарившаяся влага поступит в воздух, увеличив его влагосодержание и парциальное давление водяных паров. Поступающие в воздух водяные пары за счет своей энтальпии восстанавливают энтальпию воздуха примерно до начальной величины, поскольку отданное воде явное тепло возвращается обратно в воздух в скрытом виде (энтальпия пара). Такой процесс испарения называется адиабатическим.

*Температура, которую принимает насыщенная воздушно-паровая смесь в процессе испарения при условии сохранения постоянной энтальпии воздуха, равной начальному, называется **температурой мокрого термометра**.*

Идеальный адиабатический процесс возможен только при $t_m = 0^\circ\text{C}$.

Значения величины t_m для этих линий определяют по шкале температур сухого термометра, в точке пересечения линии $t_m = \text{const}$ с линией $\phi = 100\%$.

В нижней свободной части диаграммы нанесена линия зависимости $P_n = f(d)$ позволяющая определять парциальное давление водяных паров.

Используя диаграмму, можно выполнять следующие определения:

- по заданному на диаграмме положению точки состояния влажного воздуха определять все параметры состояния;
- по заданным двум любым параметрам состояния определить положение на диаграмме точки, определяющей состояние влажного воздуха и значения недостающих параметров;
- по заданным условиям построить и рассчитать любой процесс с влажным воздухом.

1.2 Примеры решения задач

Пример 1. Определить парциальное давление азота в воздухе при нормальном давлении ($P_o = 101,325 \text{ кПа}$). Содержание азота в воздухе 79 объемных процента.

Решение

Приведенный объем азота в воздухе $V_i = m_i R_i T / P = 79 * 1/100 = 0,79 \text{ м}^3$.

Парциальное давление азота $p_i = m_i R_i T / V = V_i P / V = r_i P = 0,79 * 101,325 / 1 = 80,047 \text{ кПа}$,

где $r_i = V_i / V$ – объемная доля азота;

m_i – масса азота в воздухе, кг;

R_i – газовая постоянная азота, Дж/(кг К);

T – температура воздуха, К.

Пример 2. Определить парциальное давление кислорода в воздухе в барокамере при давлении $P = 0,4 \text{ МПа}$. Содержание кислорода в воздухе 21 объемных процента.

Решение

Приведенный объем кислорода в воздухе $V_i = m_i R_i T / P = 21 * 1/100 = 0,21 \text{ м}^3$.

Парциальное давление кислорода $p_i = m_i R_i T / V = V_i P / V = r_i P = 0,21 * 0,4 / 1 = 0,084 \text{ МПа}$,

где $r_i = V_i / V$ – объемная доля кислорода;

m_i – масса кислорода в воздухе, кг;

R_i – газовая постоянная кислорода, Дж/(кг К);

T – температура воздуха, К.

Пример 3. Температура влажного воздуха $t = 27 \text{ }^\circ\text{C}$, давление $P = 1 \text{ бар}$, относительная влажность $\varphi = 50 \text{ \%}$. Определить парциальное давление водяных паров, влагосодержание воздуха и его энтальпию. Правильность расчетов проверить по $I-d$ – диаграмме влажного воздуха.

Решение

Давление насыщенных паров при температуре $t = 27 \text{ }^\circ\text{C}$

$\lg P_n = - (156 + 8,12 t_n) / (236 + t_n) = - (156 + 8,12 * 27) / (236 + 27) = -1,427$, $P_n = 0,0374 \text{ бар}$.

Парциальное давление водяных паров $p_n = \varphi P_n / 100 = 50 * 0,0374 / 100 = 0,0187 \text{ бар}$.

Влагосодержание $d = 0,622 \cdot p_n / (P_v - p_n) = 0,622 \cdot 0,0187 / (1 - 0,0187) = 0,01185 \text{ кг / кг} = 11,85 \text{ г / кг}$.

Энтальпия воздуха $I = c_v \cdot t + 2500 \cdot d \cdot 10^{-3} = 1,005 \cdot t + (2500 + 1,8068 \cdot t) \cdot d \cdot 10^{-3} = 1,005 \cdot 27 + (2500 + 1,8068 \cdot 27) \cdot 0,01185 = 57,33 \text{ кДж/кг}$.

1.3 Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Температуры влажного воздуха 15°C и точки росы 5°C . Барометрическое давление 1013 гПа . Определить относительную влажность, влагосодержание и энтальпию влажного воздуха.

Задача 2. Как изменится степень насыщения влажного воздуха в процессе его нагревания от 10 до 60°C при постоянном влагосодержании? Относительная влажность в начальном состоянии 80% . Барометрическое давление 1013 гПа .

Задача 3. Состояние влажного воздуха характеризуется температурами сухого термометра 35°C и влажного 30°C . Определить с помощью $I-d$ – диаграммы, как изменится относительная влажность воздуха, если его влагосодержание уменьшится на $7,5 \text{ г/кг}$ при постоянной температуре.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

Построение процессов обработки воздуха в СКВ при прямоточных системах теплого периода. Построение процессов обработки воздуха в СКВ при прямоточных системах холодного периода

2.1 Краткие теоретические сведения

Требуемое термическое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций в m^2K/W рассчитывают согласно [8, п. 5.1].

Для расчета требуемого термического сопротивления теплопередаче наружных ограждений предварительно вычисляется значение градусо-суток отопительного периода по формуле

$$D_d = (t_{int} - t_{ht})Z_{ht},$$

где t_{int} - расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая по [7];

t_{ht} , Z_{ht} - средняя температура, °С, и продолжительность (сут.) периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8 °С, определяемые по [6].

Затем по таблице 4 [8] определяют требуемое термическое сопротивление теплопередаче R_{req} наружных ограждений.

Расчет требуемого термического сопротивления теплопередаче внутренних ограждений при разности расчетных температур воздуха между помещениями 6 °С и выше, производится по следующей формуле

$$R_{req} = \frac{(t_{int} - t_{nom})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}},$$

где Δt_n - нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждения, принимаемый по табл. 5 [8];

t_{nom} - температура воздуха более холодного помещения;

α_{int} - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, принимаемый по табл. 7 [8].

2.2 Примеры решения задач

Пример 1. Определить требуемое термическое сопротивление наружной стены здания.

Тип помещения: читальный зал.

Район строительства - город Ставрополь.

Решение

1. Определяем метеорологические характеристики района строительства по СНиП «Строительная климатология и геофизика»:

- средняя температура наиболее холодных суток - **23°C**;
- средняя температура наиболее холодной пятидневки с коэффициентом обеспеченности 0,92 **-19°C**;
- средняя температура отопительного периода (периода со среднесуточной температурой $t_{\text{воз}} \leq 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$) **0,3 °C**;
- продолжительность отопительного периода **169 суток**;
- средняя месячная относительная влажность воздуха **78 %**.

2. Определяем параметры микроклимата помещений в зависимости от их назначения по СНиП «Отопление вентиляция, кондиционирование»:

- температура воздуха в помещении **18 °C**;
- относительная влажность воздуха в помещении **40 %**.

3. Определяем требуемое термическое сопротивление ограждения исходя из условия энергосбережения

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{\text{ht}}) Z_{\text{ht}},$$

$$D_d = (18 - 0,3) \cdot 169 = 2991,3.$$

$$R_{\text{req}} = a D_d + b,$$

где а и b – коэффициенты интерполяции.

$$R_{\text{req}} = 0,00035 \cdot 2991,3 + 1,4 = 2,45 \text{ м}^2\text{K/Вт}$$

Пример 2. Определить требуемое термическое сопротивление внутренней стены здания, отделяющей жилую комнату от неотапливаемого помещения с температурой 12 °C.

Решение

Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, отвечающей санитарно-гигиеническим и комфортным условиям, определяем по формуле:

$$R_{req} = \frac{(t_{int} - t_{nom})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}},$$

$$R_{req} = (20 - 12) / (4 \cdot 8,7) = 0,23 \text{ м}^2\text{К/Вт}$$

2.3 Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Определить требуемое термическое сопротивление наружной стены здания. Тип помещения: производственное здание с работой средней тяжести. Район строительства - город Ставрополь.

Задача 2. Определить требуемое термическое сопротивление перекрытия над подвалом здания жилого дома. Тип помещения: жилая комната. Район строительства – город Ростов-на-Дону.

Задача 3. Определить требуемое термическое сопротивление бесчердачного перекрытия здания. Тип помещения: жилая комната. Район строительства – город Ростов-на-Дону.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

**Выбор расчетных параметров наружного и внутреннего воздуха.
Построение луча процесса изменения состояния влажного воздуха
в кондиционируемом помещении. Определение параметров
приточного и удаляемого воздуха.**

3.1 Краткие теоретические сведения

Величину общего термического сопротивления теплопередаче с последовательно расположенными однородными слоями вычисляют по формуле

$$R_0 = R_{\text{с}} + R_1 + \dots + R_n + R_{\text{н}} ,$$

Для неоднородной ограждающей конструкции вычисляют приведенное термическое сопротивление.

Толщина утепляющего слоя определяется по формуле

$$\delta_{\text{yc}} \geq \lambda_{\text{yc}} (R_{\text{req}} - R_0), \text{ м}$$

где λ_{yc} – коэффициент теплопроводности утепляющего материала, Вт/(м К).

3.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Определить толщину изоляции и термическое сопротивление стены. Наружная стена помещения выполнена из слоев силикатного кирпича толщиной 250 мм, гипсолитовой плиты толщиной 10 мм, наружной штукатурки толщиной $\delta_{\text{шт}} = 20$ мм и теплоизоляционного материала - минвата.

Задача 2. Определить коэффициенты теплопередачи для стены, окон и дверей по условию задачи 3.1.

Задача 3. Определить термическое сопротивление для полов на лагах.

3.1 Примеры решения задач

Пример 1. Определение приведенного термического сопротивления железобетонной пустотной плиты:

Железобетонная пустотная плита $\delta_3 = 0,220$ м; $\gamma = 2500$ кг/м³; $\lambda_3 = 2,04$ Вт/м°С; $S_3 = 17,88$ Вт/м²°С

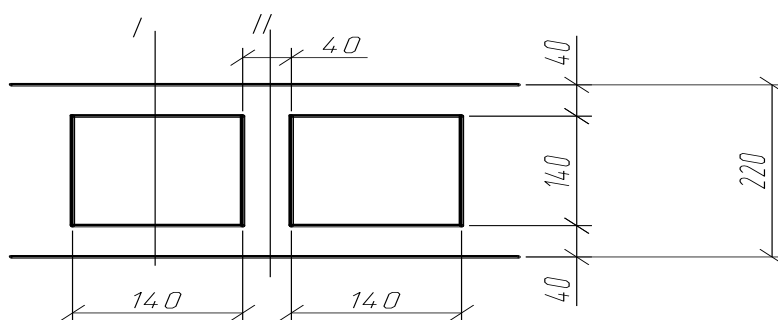
Условно заменим круглые пустоты на квадратные с одинаковой площадью сечения - $F_{кр} = F_{кв}$:

$$\frac{\pi d^2}{4} = a^2$$

$$a = \sqrt{\frac{\pi d^2}{4}} = 0,141 \text{ м}$$

$$a_1 = \frac{220 - 141}{2} = 0,395 \text{ м}$$

$$R_1 + R_2 = \frac{a_1}{\lambda_{жб}} \cdot 2 = \frac{0,079}{2,04} = 0,039 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}$$



Определяем эквивалентный или средний коэффициент теплопроводности:

$$\lambda_{экр} = \frac{\lambda_{жб} \cdot F_{жб} + \lambda_{п} \cdot F_{п}}{F_{жб} + F_{п}},$$

где $\lambda_{жб}$, $\lambda_{п}$ – коэффициенты теплопередачи железобетонного слоя и воздушной прослойки;

$F_{жб}$, $F_{п}$ – площади железобетонного слоя и воздушной прослойки.

$$\lambda_{п} = \frac{\delta_{вп}}{R_{вп}} = \frac{0,141}{0,15} = 0,94 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}$$

$$\lambda_{экр} = \frac{2,04 \cdot (1 - 0,141 \cdot 5) + 0,94 \cdot 0,141 \cdot 5}{1} = 1,265 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}$$

Термическое сопротивление 2 слоя:

$$R_2 = \frac{a}{\lambda_{экр}} = \frac{0,141}{1,265} = 0,112 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}$$

Определим термическое сопротивление плиты в направлении перпендикулярном тепловому потоку:

$$R_{\perp} = \sum R_{i\perp} = R_1 + R_2 = 0,039 + 0,112 = 0,151 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}$$

На участке II:

$$R_{II} = \frac{\delta_{\text{жб}}}{\lambda_{\text{жб}}} = \frac{0,220}{2,04} = 0,108 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}$$

На участке I:

$$R_I = R_{II} + R_{\text{жб}} = 0,112 + 0,039 = 0,151 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}$$

Определим среднее термическое сопротивление в направлении параллельном тепловому потоку:

$$R = \frac{\frac{F_I + F_{II}}{\frac{F_I}{R_I} + \frac{F_{II}}{R_{II}}}}{1} = \frac{1}{\frac{0,705}{0,151} + \frac{0,295}{0,108}} = 0,135 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}$$

Если термические сопротивления плиты в направлении перпендикулярном тепловому потоку и в направлении параллельном тепловому потоку отличаются более чем на 25%, то среднее термическое сопротивление плиты определяем из соотношения:

$$R_3 = \frac{R + 2R_{\perp}}{3} = \frac{0,135 + 2 \cdot 0,151}{3} = 0,146 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}$$

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

Построение процессов обработки воздуха в СКВ с первой рециркуляцией в теплый период. Построение процессов обработки воздуха в СКВ с первой рециркуляцией в зимний период

4.1 Краткие теоретические сведения

Изменение температуры в слое при постоянном значении коэффициента теплопроводности линейное; при этом оно пропорционально термическому сопротивлению слоя. Тогда температурный график может быть построен по полученным значениям термических сопротивлений слоев методом пропорционального деления отрезка.

Проверка определенных графическим методом значений температур на границах слоев осуществляется по формуле:

$$t_i = t_{\text{int}} - (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) \frac{\sum_{i=1}^i R_i}{\sum_{i=1}^n R_n}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

где t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, $^\circ\text{C}$, для всех зданий, кроме производственных зданий, предназначенных для сезонной эксплуатации, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по СНиП23-01.

Максимальная упругость водяных паров (E_{max}) определяется с помощью таблицы «Термодинамические свойства влажного воздуха», по которой определяется давление насыщенных водяных паров по температуре на границе слоев ограждения. График максимальной упругости водяных паров будет иметь линейный характер, также как и график температур.

Так как распространение водяных паров в ограждении аналогично закону распространения теплоты, то график упругости водяных паров строится также методом пропорционального деления отрезка по известному сопротивлению паропроницанию

$$R_{\mu_i} = \frac{\delta_i}{\mu_i}.$$

Упругость водяных паров на наружной и внутренней поверхностях ограждения может быть определена по формуле:

$$E_i = E_{\max} \frac{\varphi_i}{100}, \text{ Па}.$$

4.2 Примеры решения задач

Пример 1. Определить температуру на границе 2-го и 3-го слоев многослойной плоской стенки, если температуры на внутренней и наружной поверхностях соответственно равны $t_1=10^\circ\text{C}$, $t_2=310^\circ\text{C}$. Термические сопротивления слоев, $\text{м}^2\text{K/Вт}$: $R_1=1$; $R_2=2$; $R_3=3$; $R_4=4$.

Решение. $t_3=t_1+(t_2-t_1) \Sigma R_i / \Sigma R_n = 10+(310-10)(1+2)/(1+2+3+4)=100^\circ\text{C}$

Пример 2. Определить сопротивление влагонепроницаемости стены толщиной $\delta = 550 \text{ мм}$, если коэффициент паропроницаемости материала стены $\mu = 0,11 \text{ мг/(м ч Па)}$.

Решение

$$R_{\mu} = \delta/\mu = 0,55/0,11=5, \text{ 1/(ч Па)}$$

Пример 3. Определить упругость водяных паров на границе 2-го и 3-го слоев многослойной плоской стенки, если упругость водяных паров на внутренней и наружной поверхностях соответственно равны $E_1=100\text{Па}$, $E_5=1100 \text{ Па}$. Сопротивление влагонепроницаемости слоев, $1/(\text{ч Па})$: $R_{\mu_1}=1$; $R_{\mu_2}=2$; $R_{\mu_3}=3$; $R_{\mu_4}=3$.

Решение

$$E_3=E_1+(E_5-E_1) \Sigma R_{\mu i} / \Sigma R_{\mu n} = 100+(1100-100) (1+2) / (1+2+3+3) = 400 \text{ Па}$$

4.3 Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Выполнить графическим методом расчет температурного поля ограждения, для двух случаев:

а) изоляционный слой расположен с внутренней стороны несущего слоя конструкции;

б) изоляционный слой расположен с наружной стороны несущего слоя конструкции.

Задача 2. Выполнить графическим методом расчет упругости и максимальной упругости водяных паров в ограждении, конструкция которого определена в задаче 13.1, для двух случаев:

а) изоляционный слой расположен с внутренней стороны несущего слоя конструкции;

б) изоляционный слой расположен с наружной стороны несущего слоя конструкции.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Кондиционирование воздуха и холодоснабжение»
для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 - Строительство,
профиль «Теплога абжение и вентиляция»

Лабораторная работа 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ИЗОЛЯЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ХОЛОДИЛЬНЫХ КАМЕР

1.1 Цель и содержание

Целью лабораторной работы является ознакомление с техникой и методикой проведения испытаний изоляционных ограждений холодильника, определение качества изоляции при движении тепла от внутренней стенки с температурой t'_{cm} сквозь изоляцию к наружной стенке с температурой t''_{cm} .

1.2 Теоретическое обоснование

Из теории теплопередачи известно, что удельный тепловой поток q_F , проникающий сквозь изоляционный материал под действием температурного напора (разности температур) $\Delta t = t'_{cm} - t''_{cm}$, определяется по формуле:

$$q_F = \frac{\Delta t}{R} = \frac{t'_{cm} - t''_{cm}}{R}, \frac{Вт}{м^2}, \quad (1.1)$$

где t'_{cm} , t''_{cm} – температуры на поверхностях изоляции, $^{\circ}C$.

Следовательно, термическое сопротивление R на пути теплового потока q_F связано только с теплопроводностью изоляции:

$$R = R_{\lambda} = \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}, \frac{м^2 \cdot град}{Вт}, \quad (1.2)$$

где $\delta_{из}$ – толщина слоя изоляции, $м$

$\lambda_{из}$ – теплопроводность изоляции, $\frac{Вт}{м \cdot град}$.

Общее количество теплоты, проникающее через слой изоляции:

$$Q_1 = q_F \cdot F = \frac{t'_{cm} - t''_{cm}}{R_\lambda} \cdot F = \frac{\lambda_{из}}{\delta_{из}} \cdot F \cdot (t'_{cm} - t''_{cm}), \text{ Вт}. \quad (1.3)$$

Качество тепловой изоляции слоя определяется следующим соотношением, которое называется теплопроводимостью изоляции:

$$\frac{\lambda_{из}}{\delta_{из}} = \frac{Q_1}{(t'_{cm} - t''_{cm}) \cdot F}, \frac{Вт}{м^2 \cdot К}. \quad (1.4)$$

В реальных условиях работы холодильника температуры стенок t'_{cm} и t''_{cm} устанавливаются автоматически в зависимости от температуры воздуха внутри холодильника (эта температура задана технологией – охлаждение продуктов, замораживание и т. д.) и температуры окружающей среды (воздуха в данном помещении).

Для холодильной камеры не меняется и определяющим фактором поступления тепла Q_1 в холодильную камеру является теплопроводимость изоляции, как это следует из формулы (1.4):

$$\frac{\lambda_{из}}{\delta_{из}} \equiv Q_1.$$

Величина Q_1 оценивается по эксплуатационным затратам на извлечение этого тепла компрессорной установкой. Поэтому после выбора материала изоляции производят расчет толщины изоляции.

Теплопроводность изоляции $\lambda_{из}$ зависит исключительно от качества материала изоляции (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Коэффициент теплопроводности материалов

Наименование материала	Средняя объемная масса, $кг/м^3$	Расчетный коэффициент теплопроводности, $\frac{Вт}{м \cdot К}$
1. Пенобетон	400÷500	0,15÷0,17
2. Минеральный войлок	150÷200	0,075÷0,09
3. Пенополистирол ПС-Б	20÷35	0,04÷0,05

В процессе эксплуатации через строительные ограждения холодильника (бетон, кирпичная кладка) проникает не только тепло, но и влага наружного воздуха. Наружный воздух, приближаясь к изоляционному материалу ограждения, охлаждается и из него выделяется влага (см. $I - d$ диаграмму влажного воздуха). Для предотвращения увлажнения изоляции применяют пароизоляцию (гидроизоляцию) в основном из битумных материалов.

Однако некачественное наложение изоляционных и гидроизоляционных материалов может привести к сильному увлажнению изоляции и увеличению теплопроводности.

Изоляционный материал заполнен в основном сухим воздухом, который обладает очень низким коэффициентом теплопроводности:

$$\lambda_{возд} = 0,023 \frac{Вт}{м \cdot К}.$$

А коэффициент теплопроводности воды в 25 раз больше:

$$\lambda_{воды} = 0,58 \frac{Вт}{м \cdot К}.$$

1.3 Аппаратура и материалы

Схема экспериментального стенда приведена на рисунке 1.1.

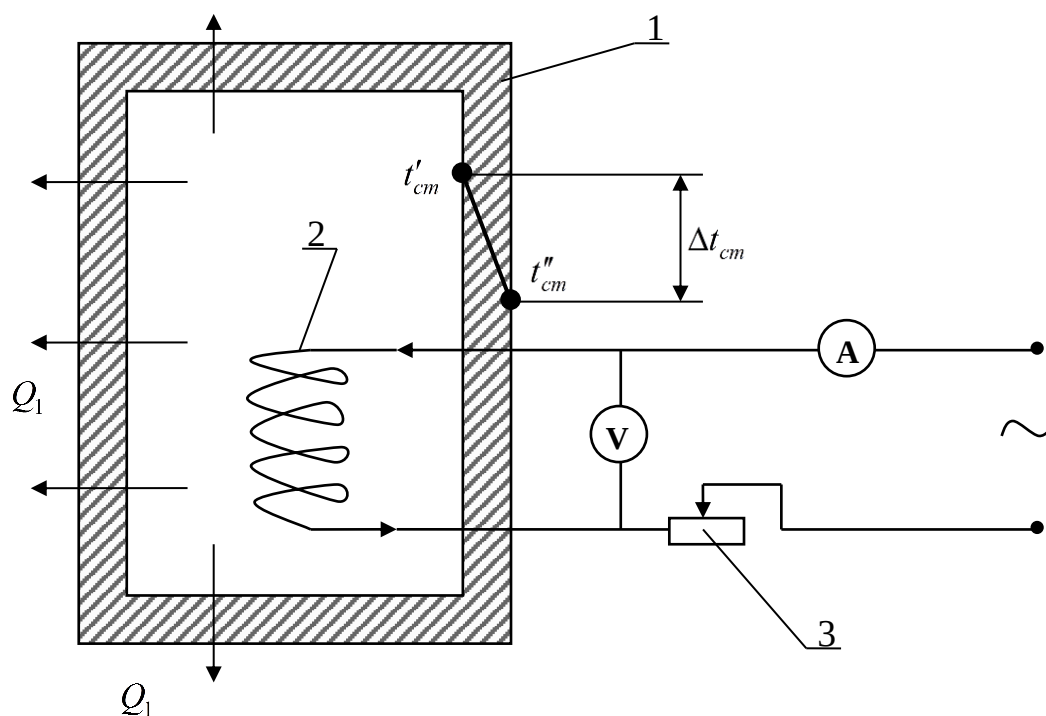


Рисунок 1.1 – Схема проведения эксперимента по определению теплопроводимости изоляции

В данной лабораторной работе определение качества изоляции осуществляется методом внутреннего нагрева. В холодильный шкаф 1 помещен электронагреватель 2, работающий от сети переменного тока. Мощность ($N_n = I_n \cdot U_n$), потребляемая нагревателем, изменяется при помощи автотрансформатора 3.

Температура на поверхностях изоляции холодильника t'_{cm} , t''_{cm} замеряется при помощи термометров сопротивления.

1.4 Указания по технике безопасности

Студенты обязаны выполнять общие требования безопасности согласно инструкции по охране труда в лаборатории С 214 кафедры «Строительство», утвержденной 26.02.2002 года. Инструктаж по технике безопасности проводится преподавателем под роспись студента в специальном журнале по «Технике безопасности».

1.5 Методика и порядок выполнения работы

1.5.1 При закрытой дверце холодильного шкафа включить нагреватель, установив напряжение 220 В.

1.5.2 За повышением температуры t'_{cm} (см. рисунок 1.1) воздуха внутри шкафа наблюдать по показаниям электрического моста, к которому подключен термометр сопротивления.

1.5.3 Медленным плавным поворотом ручки автотрансформатора 3 вначале на уменьшение, а затем на увеличение мощности ($N_n = I_n \cdot U_n$) нагревателя добиться постоянства температур t'_{cm} , t''_{cm} при подобранной нагрузке.

1.5.4 При достижении постоянного режима произвести замеры температур t'_{cm} , t''_{cm} , тока I_n и напряжения U_n , поступающих на нагреватель.

1.5.5 При установившемся тепловом режиме количество тепла, проникающего через изоляцию холодильника, определяем по мощности, потребляемой нагревателем:

$$Q_1 = N_n = I_n \cdot U_n, \text{ Вт}. \quad (1.5)$$

1.5.6 Площадь поверхности ограждения холодильника определяется как средняя площадь внутренней и наружной поверхностей холодильника, которые подсчитывают путем замера:

$$F = \frac{F_{вн} + F_n}{2}, \text{ м}^2. \quad (1.6)$$

1.5.7 Вычисляем теплопроводимость изоляции, используя формулу (1.4).

1.5.8 Работу выполнить для трех значений нагрузки.

Данные наблюдений и результаты расчетов занести в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Протокол записи наблюдений и результатов обработки опытных данных

Номер опыта	Напряжение $U_n, В$	Ток $I_n, А$	Мощность $N_n, Вт$	$t'_{ст},$ $^{\circ}C$	$t''_{ст},$ $^{\circ}C$	$\frac{\lambda_{из}}{\delta_{из}}, \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$
1						
2						
3						

Среднее значение величины теплопроводимости используется во второй и третьей лабораторных работах для определения величины Q_1 по формуле (1.3).

1.6 Содержание отчета и его форма

Отчет по выполненной работе оформляется в 18-листовой тетради или на листах формата А4 и должен содержать следующее:

- название работы,
- цель работы,
- краткое описание основных положений по определению качества тепловой изоляции,
- принципиальную схему экспериментального стенда и его описание,
- протокол записи наблюдений и результатов обработки опытных данных,
- выводы.

1.7 Вопросы для защиты работы

1. Как определяется качество изоляции холодильной камеры в лабораторной работе?
2. Кондиционирование воздуха.
3. Микроклимат помещения.
4. Закон Фурье.
5. Низкоскоростная система кондиционирования воздуха.
6. Высокоскоростная система кондиционирования воздуха.
7. Одноканальная система кондиционирования воздуха.
8. Двухканальная система кондиционирования воздуха.
9. Рециркуляционный воздух. Для чего применяется рециркуляция воздуха в СКВ.
10. Местная система вентиляции.
11. $I - d$ диаграмма влажного воздуха.
12. Определить влагосодержание, энтальпию, плотность влажного воздуха при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 60\%$, $P_0 = 0,098\text{ МПа}$ (1 кгс/см^2).
13. Определить параметры влажного воздуха, если он имеет температуру по сухому термометру $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и влагосодержание 4 г/кг .
14. Определить относительную влажность воздуха, если температура точки росы воздуха равна $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура мокрого термометра равна $12\text{ }^{\circ}\text{C}$.
15. Воздух, имеющий параметры $\varphi = 40\%$, $t = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ и расход 1000 кг/ч , нагревается в поверхностном теплообменнике до $t = 38\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определить энтальпию и относительную влажность воздуха после нагрева и расход израсходованной теплоты. Изобразить процесс на $I - d$ диаграмме влажного воздуха.
16. Воздух с параметрами $\varphi = 40\%$, $t = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ охлаждается в поверхностном теплообменнике до $t = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $I = 18,5\text{ кДж/кг}$.

Определить расход холода и количество сконденсировавшейся влаги, если количество воздуха равно 1000 кг/ч . Процесс охлаждения воздуха изобразить на $I - d$ диаграмме влажного воздуха.

Лабораторная работа 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПРЕССОРНОГО АГРЕГАТА ХОЛОДИЛЬНИКА

2.1 Цель и содержание

Целью работы является ознакомление с устройством холодильников и с методикой испытания. По результатам испытания следует произвести построение цикла холодильной машины в диаграмме $i - \lg P$ для фреона-12, определение коэффициента рабочего времени, среднего действительного холодильного коэффициента и удельной эффективной холодопроизводительности.

2.2 Теоретическое обоснование

Мелкие компрессорные машины, предназначенные для охлаждения холодильных шкафов, рассчитаны на длительную работу, и в течение всего срока службы эти машины не должны иметь каких-либо ремонтов, регулировок, замены смазочных материалов и добавки или замены рабочего тела. Долговечность и надёжность работы таких машин может быть обеспечена только при циклической работе.

Периоды работы компрессора различны и зависят от заданных температурных режимов.

Отношение среднего времени периода работы $\tau_{ср.раб}$ к средней продолжительности всего цикла $\tau_{ср.цикла}$ (суммарное время работы стоянки компрессора) называется коэффициентом рабочего времени ϕ .

Величина коэффициента рабочего времени зависит от тепловой нагрузки на испаритель машины. Для незагруженного продуктами холодильника при постоянной температуре воздуха в помещении коэффициент рабочего времени будет тем выше, чем ниже задана температура в холодильной камере.

Коэффициент рабочего времени:

$$\phi = \frac{\tau_{paб}}{\tau_{ц}}, \quad (2.1)$$

где $\tau_{paб}$ – время работы компрессора в течение испытания одного цикла, $\tau_{ц}$ (от момента включения до момента выключения компрессора),
 $\tau_{ц}$ – время цикла, $\tau_{ц}$.

Количество тепла, которое необходимо извлекать из холодильной камеры при отсутствии охлаждаемого груза определяется как теплоприток через ограждения:

$$Q_o = Q_1 = \frac{\lambda_{из}}{\delta_{из}} \cdot F \cdot (t''_{cm} - t'_{cm}), \text{ Вт}. \quad (2.2)$$

Средняя условная холодопроизводительность (при условии не циклической, а непрерывной работы компрессора):

$$Q_{oy} = \frac{Q_o}{\phi}, \text{ Вт}. \quad (2.3)$$

Потребляемая компрессором мощность:

$$N = I_{\kappa} \cdot U_{\kappa}, \text{ Вт}. \quad (2.4)$$

Средний действительный холодильный коэффициент:

$$\varepsilon = \frac{Q_{oy}}{N} = \frac{Q_o \cdot \tau_{ц}}{N \cdot \tau_{paб}}, \quad (2.5)$$

где $(Q_o \cdot \tau_u)$ – количество выработанного холода за цикл, $(Bm \cdot ч)$;
 $(N \cdot \tau_{pab})$ – количество потребляемой электроэнергии за цикл, $(Bm \cdot ч)$.

2.3 Аппаратура и материалы

На рисунке 2.1 изображена схема компрессорного агрегата для холодильника. На схеме показаны компрессор и электродвигатель, размещенные в общем, герметическом кожухе 1. Компрессор засасывает парообразный фреон из испарителя (НИТ) 3 по всасывающему трубопроводу 6. В компрессоре пары фреона сжимаются и по нагнетательному трубопроводу 7 направляются в конденсатор (ВИТ) 2, где пары охлаждаются и конденсируются. Охлаждение хладагента в конденсаторе осуществляется воздухом, нагнетаемым вентилятором 8.

Жидкий агент из конденсатора, проходя через фильтр 4 по капиллярной трубке 5, поступает в испаритель 3. В испарителе холодильный агент – фреон кипит за счет подвода теплоты от продуктов и воздуха внутри холодильника, превращается в пар и поступает по всасывающему трубопроводу в компрессор. Долговечность и надежность работы таких машин может быть обеспечена только при циклической работе.

Это требование обуславливает наличие компрессора холодопроизводительностью значительно большей, чем потребная холодопроизводительность при максимальной тепловой нагрузке в холодильной камере.

Цикличность работы обеспечивается автоматическими устройствами, при помощи которых происходит периодический пуск и остановка компрессора. В холодильниках отечественного производства, охлаждаемых компрессорными машинами, автоматический пуск и остановка компрессора осуществляется при помощи регулятора температуры (термореле). Периоды работы компрессора различны и

зависят от заданных температурных режимов.

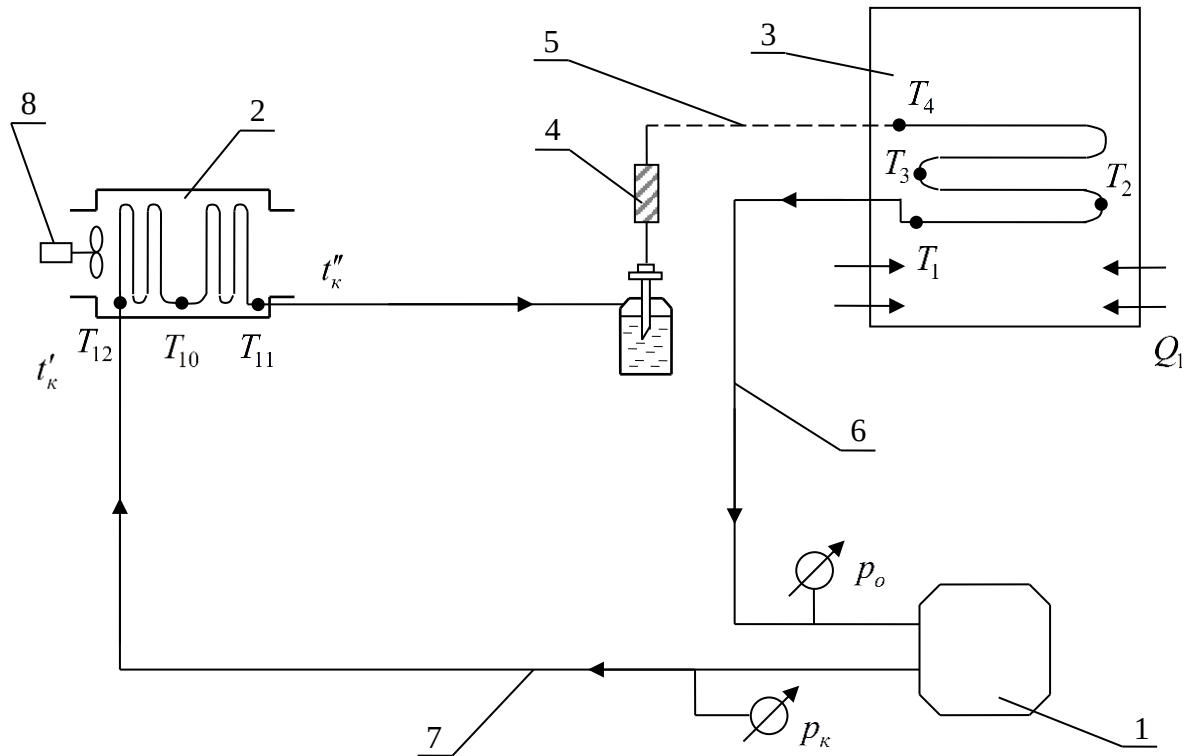


Рисунок 2.1 – Схема лабораторной установки «Холодильный шкаф»

2.4 Указания по технике безопасности

Студенты обязаны выполнять общие требования безопасности согласно инструкции по охране труда в лаборатории С 214 кафедры «Строительство», утвержденной 26.02.2002 года. Инструктаж по технике безопасности проводится преподавателем под роспись студента в специальном журнале по «Технике безопасности».

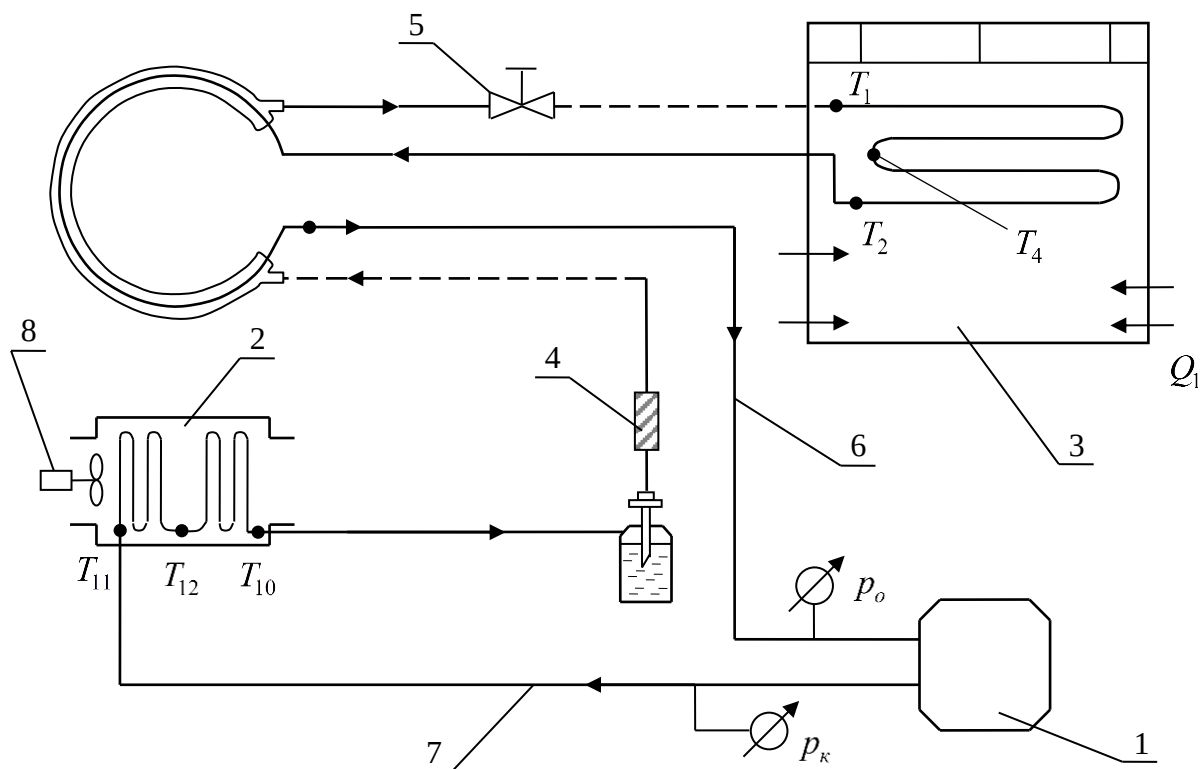


Рисунок 2.2 – Схема лабораторной установки «Прилавок – Витрина»

2.5 Методика и порядок выполнения работы

2.5.1 Ознакомиться с правилами техники безопасности, рабочей схемой испытания, устройством холодильника, методиками проведения и обработки результатов испытаний.

2.5.2 Проверить наличие на опытном стенде измерительных приборов, их включение и исправность.

2.5.3 Выписать в журнал наблюдений техническую характеристику измерительных приборов.

2.5.4 Включить установку, по достижении установившегося режима (с началом циклической работы компрессора) зафиксировать следующие величины:

- время работы компрессора, $\tau_{\text{раб}}$;
- время отключенного состояния компрессора, $\tau_{\text{отк}}$;
- величина тока и напряжения эл. двигателя к компрессору, $I_{\text{к}}$, $U_{\text{к}}$;

- температуры стенки шкафа внутри и снаружи, t'_{cm}, t''_{cm} ;
- давления кипения и конденсации хладагента, $p_{ом}, p_{км}$;
- температуры кипения и конденсации хладагента t_o, t_k (в испарителе и в конденсаторе);
- температуры на входе и выходе из компрессора, t_1, t_2 ;
- температуры на входе и выходе из переохладителя, t'_3, t_3 .

Указанные параметры необходимо определять с помощью приборов, установленных на стенде. Там же приведены необходимые пояснения. Данные измерений занести в журнал наблюдений в форме таблицы 2.1.

2.5.5 По окончании испытания определить:

- среднюю условную холодопроизводительность, Q_{oy} ;
- коэффициент рабочего времени, ϕ ;
- средний действительный холодильный коэффициент, ε ;
- удельную холодопроизводительность хладагента, q_o из построенного цикла машины в диаграмме $i - \lg P$ для фреона–12.

2.5.6 Построение цикла холодильной машины в диаграмме $i - \lg P$. Для этого необходимо снять на кальку с отпечатанной диаграммы для фреона–12 нижнюю и верхнюю пограничные кривые для $X=0$ и $X=1$, соответствующие насыщенной жидкости и сухому насыщенному пару, а также изотермы, T_o, T_k , нанести оси диаграммы $i - \lg P$ с делениями. Давление конденсации и кипения p_o, p_k определяются по показаниям манометра с учетом того, что их величины должны быть в абсолютном значении:

$$p_o = p_{ом} + 1, \frac{кг}{см^2}, \quad (2.6)$$

$$p_k = p_{km} + 1, \frac{\kappa \varepsilon}{\text{см}^2}.$$

Затем необходимо перевести их значения в МПа, учитывая, что

$$1 \frac{\kappa \varepsilon}{\text{см}^2} = 0,1 \text{ МПа}.$$

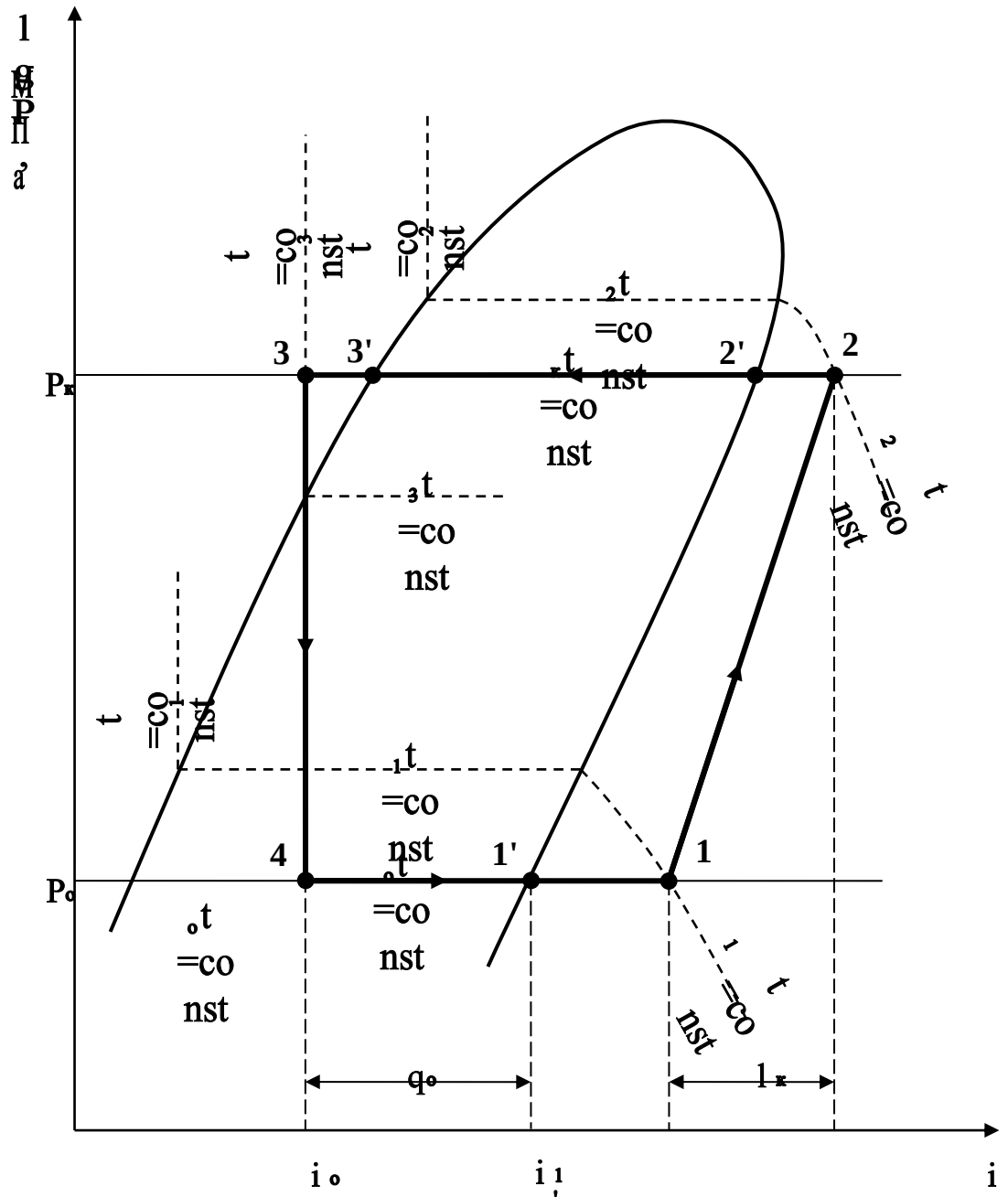


Рисунок 2.3 – Схема цикла одноступенчатой холодильной машины в диаграмме $i - \lg P$

Теперь можно нанести на диаграмму две линии, параллельные оси i и соответствующие давлениям p_o и p_k в $МПа$.

При кипении и конденсации хладагента температура остается постоянной, поэтому линии давлений p_k и p_o в области влажного насыщенного пара совпадают с изотермами, соответствующими температурам конденсации и кипения хладагента при данных давлениях p_k и p_o . Если взять среднюю температуру в испарителе и провести соответствующую ей изотерму на диаграмме, то она должна совпасть с линией p_o . Прodelайте это. Возможно некоторое несовпадение этих линий из-за погрешности показаний приборов. Аналогичный результат будет и в случае с температурой конденсации p_k .

Точку 1 цикла получаем в месте пересечения линии p_o и изотермы, соответствующей температуре агента на входе в компрессор. Из этой точки начинается процесс сжатия хладагента в компрессоре 1–2 до давления p_k и температуры на выходе из компрессора (пересечение двух последних линий дает точку 2). Из точки 2 начинается процесс охлаждения и последующей конденсации хладагента при постоянном давлении p_k (по линии 2–2'–3'). Процесс переохлаждения продолжается до точки 3 (место пересечения линии p_k и изотермы, соответствующей температуре хладагента перед регулирующим вентилем). Из точки 3 начинается процесс дросселирования агента в дросселе. Этот процесс проходит при постоянной энтальпии, поэтому из точки 3 опускаем вертикально вниз линию до пересечения с линией давления p_o . Их пересечение дает точку 4. Далее хладагент кипит (процесс 4–1'), перегревается (процесс 1'–1) и цикл повторяется.

Схематичное изображение цикла приведено на рисунке 2.3.

Как известно, найденную нами выше холодопроизводительность можно записать так:

$$Q_o = G \cdot q_o, \quad (2.7)$$

где G , кг/с – расход хладагента в испарителе;

q_o , ДЖ/кг – массовая холодопроизводительность;

i_1 и i_4 , ДЖ/кг – значение энтальпии в точках 1' и 4.

Отсюда, определив по диаграмме i_1 и i_4 , получим:

$$q_o = i_1 - i_4, \text{ ДЖ/кг}, \quad (2.8)$$

а также

$$q_k = i_2 - i_{3'}, \text{ ДЖ/кг}, \quad (2.9)$$

$$q_{no} = i_{3'} - i_3, \text{ ДЖ/кг}, \quad (2.10)$$

$$l_k = i_2 - i_1, \text{ ДЖ/кг}, \quad (2.11)$$

$$i_{3'} - i_3 = i_1 - i_{1'}, \text{ ДЖ/кг}. \quad (2.12)$$

Данные наблюдений и результаты расчетов необходимо представить в форме таблиц 2.1 и 2.2.

2.6 Содержание отчета и его форма

Отчет по выполненной работе оформляется в 18-листовой тетради или на листах формата А4 и должен содержать следующее:

- цель работы,
- краткое описание основных характеристик компрессорного агрегата холодильника, схему компрессорного агрегата, электрическую схему,

- схему размещения термометров, характеристику измерительных приборов, техническую характеристику холодильника,
- протокол записи наблюдений и результатов обработки опытных данных.

Таблица 2.1 – Экспериментальные значения и результаты обработки данных

Показания				$\tau = 30, \text{ мин}$	$\tau = 60, \text{ мин}$	Установивши йся режим	
$\tau_{\text{раб}}, \text{ мин}$							
$I_{\text{км}}, A$							
$U_{\text{км}}, B$							
$t'_{\text{см}}, ^\circ C$							
$t''_{\text{см}}, ^\circ C$							
$p_{\text{ом}}, \text{ кг/см}^2$							
$p_{\text{км}}, \text{ кг/см}^2$							
Температуры	Испаритель	T_1, T_1		вход в испар.			
		T_4	T_2	1/3 пов. испар.			
			T_3	2/3 пов. испар.			
		T_2, T_4		выход из испар.			
	Компрессор	T_3		вход в компр.			
		T_3		выход из компр.			
	Конденсатор	T_{12}		вход в конден.			
		T_{10}		1/2 пов. конд.			
		T_{11}		выход из конден.			

	Переохладитель	T_{13}	вход в перегр.			
		T_{14}	выход из перегр.			

Таблица 2.2 – Обработки экспериментальных данных

ν	$Q_o, Вт$	$Q_{oy}, Вт.$	ε	$q_o, Дж/кг$	ε'

2.7 Вопросы для защиты работы

1. Как строится цикл одноступенчатой холодильной машины в диаграмме $i - \lg P$ в лабораторной работе?
2. Массовая скорость.
3. Что характеризует точка росы (температура точки росы)?
4. Луч процесса, пределы изменения углового коэффициента луча процесса в помещении, размерность,
5. Влагосодержание влажного воздуха.
6. Что называют байпасом?
7. Относительная влажность воздуха.
8. Что понимают под холодопроизводительностью холодильной машины?
9. Назначение сепаратора в оросительной камере.
10. Что характеризует температура мокрого термометра?
11. Что означает термин «фанкойл»?
12. Что такое чиллер?
13. Что характеризует коэффициент орошения?
14. Что называют тепловым насосом?
15. 1 кг воздуха А ($\varphi = 50 \%$, $d = 5 \text{ г/кг}$) смешивается с 4 кг воздуха В ($t = 20^\circ C$ и $I = 48 \text{ кДж/кг}$). Определить параметры смешанного воздуха φ_c и I_c .

16. Воздух имеет параметры $t_c = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 40\%$. Определить температуру «точки росы» и температуру мокрого термометра.
17. В результате замеров, произведенных с помощью психрометра, получены следующие значения температур: $t_c = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_m = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определить остальные параметры воздуха (φ , I , d , t_p , P_n).
18. 2 кг воздуха ($\varphi = 50\%$, $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) смешивается с 8 кг воздуха ($t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $d = 1\text{ г/кг}$). Определить параметры смешанного воздуха $t_{см}$ и $\varphi_{см}$.

Лабораторная работа 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ВЫРАБОТКУ 1000 КДЖ ХОЛОДА. АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ОДНОСТУПЕНЧАТОГО СЖАТИЯ

3.1 Цель и содержание

Целью настоящей работы – ознакомление с методикой определения удельного расхода электроэнергии на выработку искусственного холода и получение навыков режима работы холодильной установки.

3.2 Теоретическое обоснование

При эксплуатации холодильных установок основным показателем, характеризующим экономичность работы, является удельный расход электроэнергии на выработку 1000 *кДж* холода. Для определения удельного расхода необходимо знать количество выработанного холода (*кДж*) и расход электроэнергии на холодильное оборудование компрессорного цеха.

При сопоставлении фактического удельного расхода электроэнергии с нормами удельного расхода электроэнергии выясняется, насколько экономично работает холодильная установка. Систематический контроль за режимом работы холодильной установки и анализ его с целью выявления и устранения отклонений от оптимальной величины является важнейшей задачей при эксплуатации установок.

Фактический удельный расход электроэнергии на выработку холода находят как частное от деления количества израсходованной электроэнергии на количество выработанного холода:

$$\alpha = \frac{\sum N_e}{\sum Q_o} \cdot 1000, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{кДж}, \quad (3.1)$$

где $\sum Ne$ – суммарный расход электроэнергии на привод машин, участвующих в выработке и транспортировке искусственного холода (компрессоры, водяные и рассольные насосы, вентиляторы, воздухоохладители и др.), $кВт \cdot ч$;

$\sum Q_o$ – количество искусственного холода, выработанного за отчетный период, $кДж$.

$$Q_1 = \frac{\lambda_{из}}{\delta_{из}} \cdot F \cdot (t''_{cm} - t'_{cm}), Вт, \quad (3.2)$$

где Q_1 – теплопритоки через ограждения за счет разности температур наружной стенки и внутренней стенки холодильной камеры,

$\frac{\lambda_{из}}{\delta_{из}}$, F – из лабораторной работы 1 данных методических указаний,

t''_{cm} , t'_{cm} – средняя температура наружной и внутренней стенки за время одного режима.

$$Q_2 = I_n \cdot U_n, Вт, \quad (3.3)$$

где I_n , U_n – показания соответственно амперметра и вольтметра нагревателя, A и B ;

Q_2 – имитация теплопритоков с поступающим грузом.

$$\sum Q = Q_1 + Q_2, Вт, \quad (3.4)$$

$$Q_o = \sum Q \cdot \tau, кДж, \quad (3.5)$$

где Q – общий теплоприток в холодильную камеру за время режима τ , с.

$$Q_o = \sum Q \text{ Вт} \cdot 1800 \text{ сек} \cdot 10^{-3} = \sum Q \cdot 1,8, \text{ кДж}. \quad (3.6)$$

Количество электроэнергии потребленной компрессором в данном режиме:

$$Ne = I_k \cdot U_k \cdot \sum \tau_{\text{раб.компр.}} \cdot 10^{-3}, \text{ Вт} \cdot \text{ч}, \quad (3.7)$$

где I_k , U_k – показания амперметра и вольтметра у компрессора, соответственно в A и B ;

$\sum \tau_{\text{раб.компр}}$ – суммарное время работы компрессора в данном режиме, ч.

Удельный расход электроэнергии на выработку 1000 кДж холода при длительности режима 30 минут определится по следующей формуле:

$$\alpha = \frac{Ne}{Q_o} \cdot 1000, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс. кДж}, \quad (3.8)$$

или

$$\alpha = \frac{Ne}{\sum Q \cdot 1,8} \cdot 1000, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс. кДж}. \quad (3.9)$$

3.3 Аппаратура и материалы

Компрессор нагнетает парообразный хладагент – фреон (хладон) в конденсатор. Из конденсатора конденсат сливается в ресивер, далее через фильтр-осушитель и теплообменник-переохладитель поступает в испаритель, откуда отсасывается компрессором, после отделения пара от

жидкого хладагента. На схеме лабораторной установки показаны места подключения приборов для измерения температур, давления и расходов холодильного агента.

3.4 Указания по технике безопасности

Студенты обязаны выполнять общие требования безопасности согласно инструкции по охране труда в лаборатории С 214 кафедры «Строительство», утвержденной 26.02.2002 года. Инструктаж по технике безопасности проводится преподавателем под роспись студента в специальном журнале по «Технике безопасности».

3.5 Методика и порядок выполнения работы

3.5.1 Ознакомиться с правилами техники безопасности, инструкциями по обслуживанию оборудования, методиками проведения испытания и обработки результатов испытания.

3.5.2 Составить техническую характеристику машин и аппаратов, включенных в испытания.

3.5.3 Проверить наличие на установке контрольно-измерительных приборов, их включение и исправность, выписать техническую характеристику измерительных приборов.

3.5.4 Убедившись в установившемся режиме работы холодильной установки (достижение постоянства температуры в холодильной камере), произвести измерение величин значений, указанных в таблице 3.1. В этом и последующих режимах отсчет показаний по контрольно-измерительным приборам производится в каждый момент включения и отключения компрессора в течение 30 минут опыта.

3.5.5 Подготовить и осуществить новый режим, соответствующий работе холодильной установки при повышенном давлении конденсации. Это достигается либо уменьшением количества охлаждающего воздуха, подаваемого на конденсатор, либо уменьшением теплообменной поверхности конденсатора, либо обоими способами одновременно. В наших условиях режим охлаждения достигается изменением мощности (

I_n, U_n) нагревателя, помещенного в холодильной камере: 1 режим – $I_n, U_n = 0$; 2 режим – I_n, U_n , по полученным значениям от преподавателя.

Температура кипения t_o холодильного агента в новом режиме должна оставаться неизменной и соответствовать температуре кипения, установившейся в предыдущем режиме. После того, как установится стационарный режим, зарегистрировать его в протоколе испытаний. Вновь изменить давление конденсации, произвести измерение и зафиксировать данные измерения в журнал наблюдений.

Таким образом, испытания холодильной установки при постоянной температуре кипения производят для двух различных значений температур конденсации t_k .

3.5.6 Построить графики изменения холодопроизводительности компрессора Q_o , суммарной потребляемой электроэнергии $\sum Ne$ и удельного расхода электроэнергии α в зависимости от изменения температур кипения t_o и конденсации t_k .

Результаты замеров температуры кипения t_o и температуры конденсации t_k хладагента определяются по среднему значению температур в испарителе и в конденсаторе в течение одного режима.

Экспериментальные значения и их результаты обработки сводятся в таблицу 3.1.

По полученным результатам построить графики зависимости Q_o, Ne, α от t_o и t_k в следующем виде (при построении графиков используются средние значения t_o и t_k за один режим):

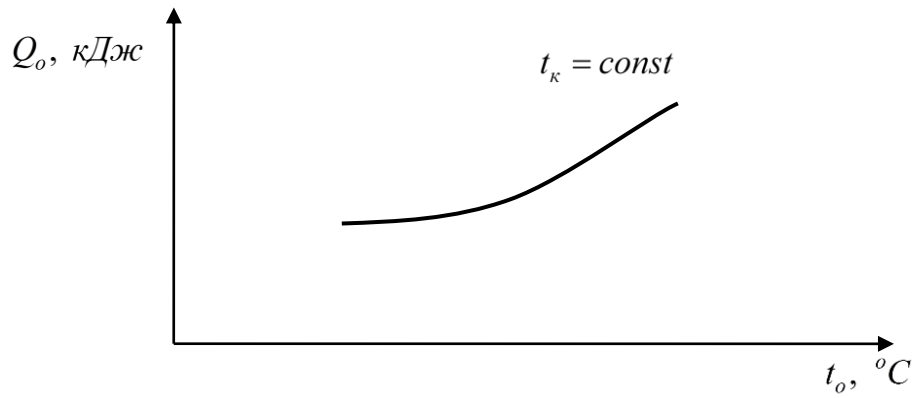


Рисунок 3.1 – График зависимости холодопроизводительности от температур кипения и конденсации $Q_o = f(t_o, t_k)$

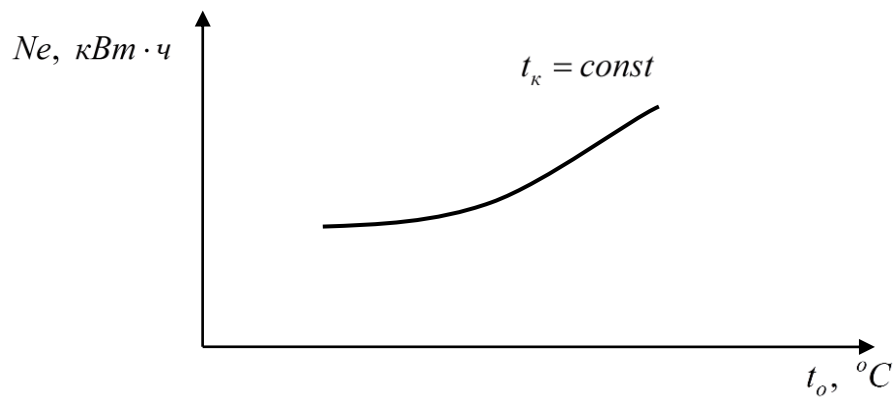


Рисунок 3.2 – График зависимости потребляемой электроэнергии от температур кипения и конденсации $Ne = f(t_o, t_k)$

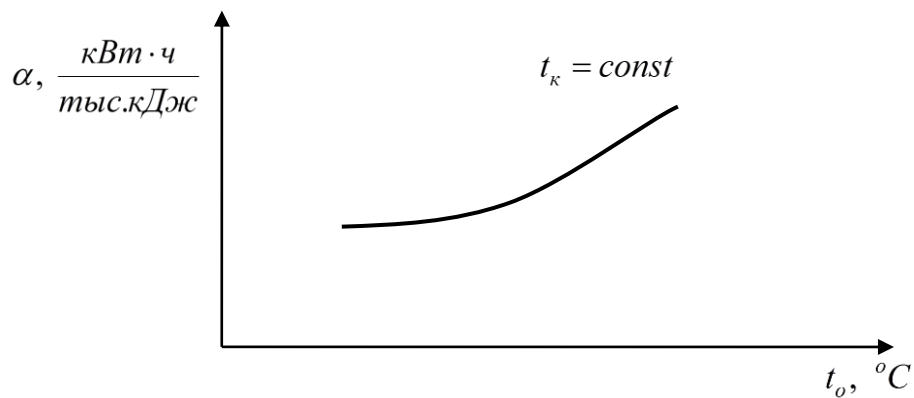


Рисунок 3.3 – График зависимости удельного расхода электроэнергии от температур кипения и конденсации $\alpha = f(t_o, t_k)$

3.6 Содержание отчета и его форма

Отчет по выполненной работе оформляется в 18-листовой тетради или на листах формата А4 и должен содержать следующее:

- название работы,
- цель работы,
- краткое описание основных положений по определению удельного расхода электроэнергии,
- схема холодильной установки,
- техническая характеристика холодильника,
- протокол записи наблюдений и результатов обработки опытных данных,
- выводы.

3.7 Вопросы для защиты работы

1. Как определяется удельный расход электроэнергии в лабораторной работе?
2. Воздух имеет параметры $t_c = 24 \text{ } ^\circ\text{C}$, $\varphi = 50 \text{ } \%$. Определить параметры воздуха после прохождения камеры орошения, если разбрызгивается рециркуляционная вода.
3. Воздух имеет температуру $18 \text{ } ^\circ\text{C}$, относительную влажность $50 \text{ } \%$. При каких условиях возможно его адиабатическое увлажнение в ОКФЗ?
4. Воздух имеет температуру $18 \text{ } ^\circ\text{C}$, относительную влажность $50 \text{ } \%$. При каких условиях возможно его осушение в ОКФЗ?
5. Изобразить луч процесса изменения тепловлажностного состояния воздуха в помещении, в котором начальное состояние воздуха соответствовало $t_o = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$, $\varphi = 50 \text{ } \%$, количество тепlopоступлений равно 2000 Вт , влаговыделений – 2 кг/ч .
6. Определить возможную температуру приточного воздуха в зрительном зале кинотеатра высотой 6 м для двух вариантов:
 - а) если воздух подается через плафоны;

б) если воздух подается непосредственно в рабочую зону (на высоту 1,5 м от пола).

Температура внутреннего воздуха равна $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

7. Определить температуру удаляемого воздуха для условий примера 6, если площадь зрительного зала равна 800 м^2 , выделения явной теплоты – 200000 Вт . Расчет произвести для теплого и холодного периодов года.

8. Определить производительность СКВ для зала заседаний на 300 мест, если теплопоступления в помещение извне (за счет солнечной радиации, включающей и конвективный теплообмен) составляют 5 кВт , температура внутреннего воздуха $t_g = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха $\varphi_g = 50\%$, высота зала – 6 м , объем зала 2400 м^3 , приточный воздух подается в рабочую зону.

9. Определить производительность СКВ по условию удаления полных теплоизбытков для условий предыдущего задания (8), если подача приточного воздуха осуществляется на высоте 5 м .

10. Определить количество испарившейся воды в оросительной камере при изохлальной охладке воздуха в теплый период для двух вариантов работы:

а) при регулируемом процессе;

б) при байпасировании части наружного воздуха.

Исходные данные имеют следующие значения: полные тепловыделения в помещении равны 40000 Вт , влаговыделения – 20 кг/ч , наружный воздух имеет $t_n = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $I_n = 44\text{ кДж/кг}$, параметры внутреннего воздуха: $t_g = 26\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi_g = 50\%$, температура удаляемого воздуха $t_y = 28\text{ }^{\circ}\text{C}$.

11. Построить процесс обработки воздуха на $I - d$ диаграмме влажного воздуха для приточной системы кондиционирования воздуха (СКВ) в

теплый период года, если параметры внутреннего воздуха $t_g = 23\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi_g = 53\text{ } \%$, параметры наружного воздуха $t_n = 25,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $I_n = 52\text{ кДж/кг}$. Теплоизбытки в помещении составляют 53900 Вт , влагоизбытки – $11,5\text{ кг/ч}$, приточный воздух подается непосредственно в рабочую зону. Определить расход теплоты и холода для обработки воздуха.

12. Определить расход теплоты и воды для тепловлажностной обработки воздуха в холодный период в СКВ, работающей по прямооточной схеме.

Исходные данные:

- параметры наружного воздуха $t_n = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$, $I_n = -14\text{ кДж/кг}$;
- расчетные параметры внутреннего воздуха $t_g = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi_g = 50\text{ } \%$;
- температура удаляемого воздуха $t_y = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- теплопоступления в помещении $\sum Q_n = 200000\text{ кДж/ч}$;
- влагопоступления в помещении $\sum W = 10\text{ кг/ч}$;
- расход приточного воздуха $G = 30000\text{ кг/ч}$.

13. Используя данные примера 10, определить расход холода для СКВ, работающей с одной рециркуляцией. Расход наружного воздуха принять равным 30000 кг/ч .

14. Определить возможность подмешивания рециркуляционного воздуха перед воздухонагревателем первой ступени в СКВ в холодный период при следующих исходных данных. Расчетные параметры наружного воздуха $t_n = -27\text{ }^{\circ}\text{C}$, $I_n = -27\text{ кДж/кг}$, $d_n = 0,1\text{ г/кг}$; внутреннего воздуха – $t_g = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi_g = 40\text{ } \%$; температура удаляемого воздуха равна $22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Расход приточного воздуха – 40000 кг/ч . Необходимый расход

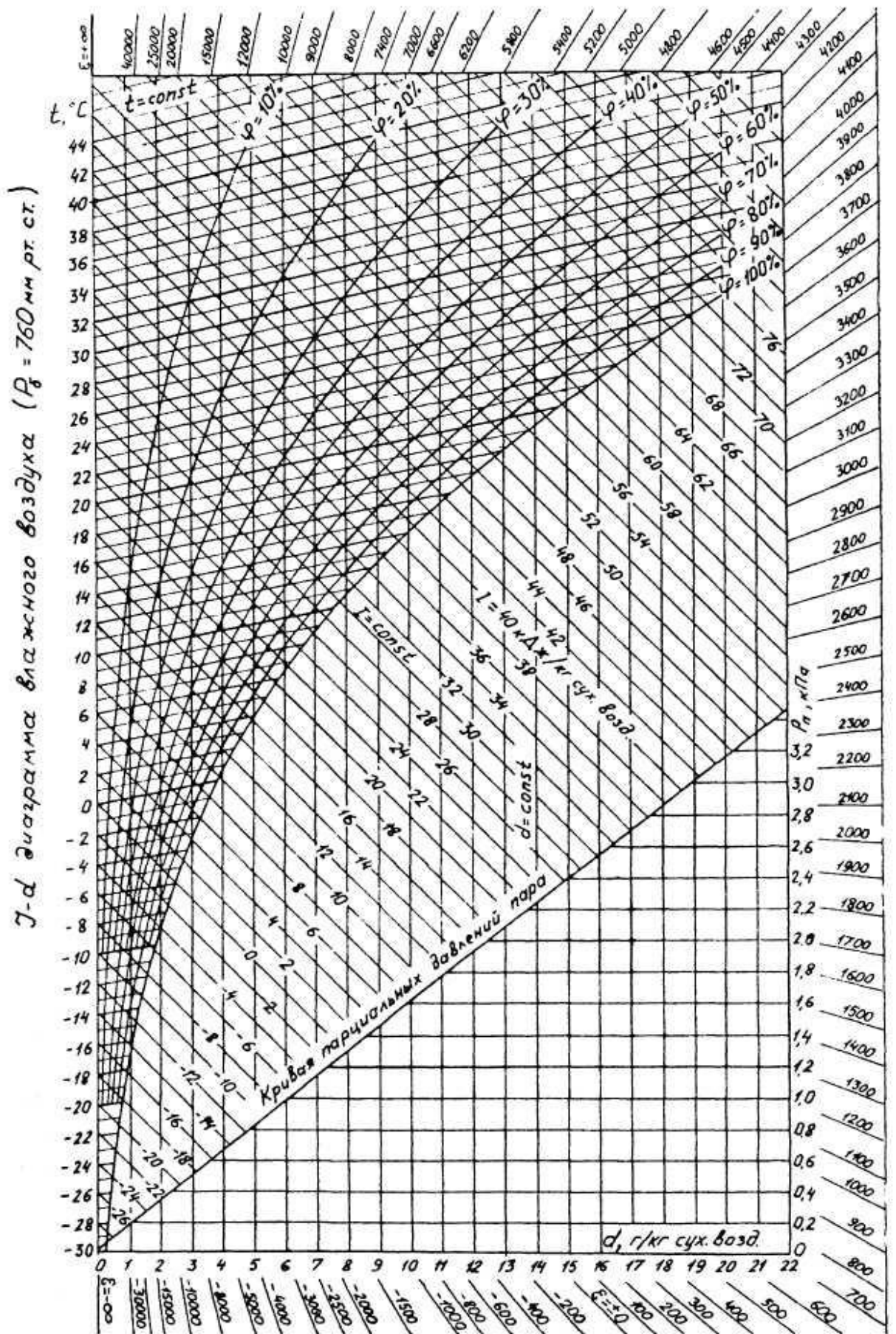
наружного воздуха 26000 кг/ч , полные теплоизбытки в помещении равны 120000 Вт , влагоизбытки – 25 кг/ч .

15. Определить, до какой минимальной температуры можно охладить наружный воздух, применяя двухступенчатое охлаждение и обычное прямое изохальное охлаждение? Наружный воздух имеет $t_n = 30^\circ \text{C}$, $\varphi_n = 20\%$.

16. Воздух с параметрами $t_1 = 22^\circ \text{C}$, $\varphi_1 = 20\%$ увлажняют водяным паром до $\varphi_2 = 60\%$. Определить расход пара, если его давление составляет 1 ат (101300 Па). Расход воздуха равен 10000 кг/ч .

Таблица 3.1 – Экспериментальные значения и их результаты обработки

№ режима	Номер замера	Время работы (охлаж- дения)	I_K, A	U_H, B	I_H, A	U_H, B	$t'_{cm}, ^\circ C$	$t''_{cm}, ^\circ C$	Испаритель				Конденсатор			$T_{o(cp)}, ^\circ C$	$T_{k(cp)}, ^\circ C$	$Ne, кВт \cdot ч$	$Q_o, кДж$	$\alpha, \frac{кВт \cdot ч}{тыс. кДж}$
									T_1	T_2	T_3	T_4	T_{10}	T_{11}	T_{12}					
1																				
2																				
3																				
4																				

Приложение А – Id -диаграмма влажного воздуха

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсовому проекту по дисциплине

«Кондиционирование воздуха и холодоснабжение»

для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01- Строительство,
профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»

В методических указаниях для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01-Строительство, направление «Теплогазоснабжение и вентиляция» к курсовому проекту по дисциплине "Кондиционирование воздуха и холодоснабжение" приведены задания и исходные данные на проектирование, даны рекомендации по объему, содержанию и последовательности выполнения расчетно-пояснительной записки и графической курсовой работы.

Последовательно излагаемая методика расчета технологической схемы системы кондиционирования воздуха для крупного общественного или промышленного здания в летнем и зимнем режиме, расчета и выбора основных конструктивных центрального кондиционера и его элементов, расчета цикла холодильной машины, расчета и выбора оборудования холодильной установки.

Приводятся практические рекомендации по использованию при расчете теплогенератора методической, учебной и справочной литературы, стандартных и специальных программ.

Содержание

1. Задание на курсовой проект.....	3
2. Объем курсового проекта.....	3
3. Индивидуальное задание на проектирование и выбор исходных данных.....	4
4. Методические указания по выполнению разделов курсового проекта.....	5
4.1.Определение расчетных параметров воздуха.....	5
4.2.Определение тепло- и влаговыделений в помещениях здания.....	6
4.3.Расчет расходов воздуха и выбор типа центрального кондиционера.....	7
4.4.Расчет процессов кондиционирования воздуха для летнего периода.....	8
4.5.Расчет процессов кондиционирования воздуха для зимнего периода.....	12
4.6.Расчет камеры орошения.....	15
4.7.Расчет и подбор секции подогрева воздуха (калориферов).....	20
4.8.Аэродинамический расчет воздуховодов.....	22
4.9.Расчет и выбор оборудования холодильной установки.....	23
5. Литература.....	28

1. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Произвести расчет системы кондиционирования воздуха для общественного или промышленного здания. Исходные данные для расчета принять из таблиц в соответствии с индивидуальным шифром задания.

На основе исходных данных выполнить в курсовой работе следующие виды расчетов:

- определение расчетных параметров внутреннего и наружного воздуха для летнего и зимнего режима;
- расчет тепло- и влаговыделения в помещениях здания, расхода приточного и наружного воздуха для летнего и зимнего режима;
- выбор типа центрального кондиционера и его основных секций;
- построение в $I-d$ диаграмме и расчет процесса кондиционирования воздуха для летнего и зимнего режима;
- расчет камеры орошения;
- расчет и подбор секций подогрева воздуха;
- аэродинамический расчет воздухопроводов вентиляционной системы;
- расчет цикла холодильной машины, расчет и выбор оборудования холодильной установки.

2. ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

2.1. Расчетно-пояснительная записка состоит из следующих разделов:

- задание на проектирование и исходные данные проекта;
- определение расчетных параметров воздуха;
- определение тепло- и влаговыделений в помещениях здания;
- расчет расходов воздуха и выбор центрального кондиционера;
- расчет процессов кондиционирования воздуха для летнего и зимнего режима;
- расчет камеры орошения;
- расчет и подбор секций подогрева воздуха;
- аэродинамический расчет воздухопроводов вентиляционной системы;
- расчет холодильной установки;

Объем пояснительной записки 20–25 страниц формата А4.

2.2. Содержание графической части:

- компоновочный план и разрез машинного зала центрального кондиционера с установкой всех видов оборудования в масштабе 1:50;
- развернутая схема трубопроводов центрального кондиционера в пределах машинного зала.

Объем графической части 1,0–1,5 листа формата А1.

3. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ВЫБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

3.1. Индивидуальные исходные данные принимаются в соответствии с индивидуальным шифром задания, который выдается каждому студенту.

Шифр задания состоит из двух чисел, каждое из которых обозначает номер строки в соответствующей таблице №1 или №2 из своего задания.

3.2. Индивидуальные исходные данные вносятся студентом в лист задания на проектирование по установленной форме, которое подписывается студентом и преподавателем в день выдачи задания.

Таблица 1

Условия проектирования СКВ

№	Район Строитель- ства	Ориентация фасада здания	Коэффициент остекления	Сопротивлен ие теплопередач е покрытия $R_0, (м^2 \cdot K)/Вт$	Влаговыделение от технологического и сантехнического оборудования $W_m \cdot 10^{-6}, кг/(с \cdot м^2)$
1	2	3	4	5	6
1.	Пятигорск	ЮЗ	0,30	1,30	5
2.	Сочи	З	0,22	1,60	7
3.	Владивосток	Ю	0,20	1,62	10
4.	Екатеринбург	ЮВ	0,10	1,75	13
5.	Воронеж	Ю	0,35	1,55	14
6.	Ростов/Дону	СВ	0,25	1,42	15
7.	Волгоград	В	0,33	1,40	17
8.	Саратов	ЮЗ	0,25	1,53	20
9.	Астрахань	ЮВ	0,25	1,67	22
10.	Краснодар	ЮЗ	0,20	1,45	25

Таблица 2

Характеристика зданий и класса СКВ

№	Назначение здания	Расчетные параметры наружного воздуха	Размер здания в плане $a \times b, м$	Высота здания $h, м$	Тепловыделени я от технологическо го оборудования $q_{об}, Вт/м^2$	Расчетное количество людей, n
1	2	3	4	5	6	7
1.	Кинотеатр	А/Б	36x36	18	15	700
2.	Машинный зал ВЦ ЭВМ	Б/Б	24x36	7	30	200

3.	Административное	Б/ t_B-2 °C J_B-2	24x48	6	5	450
4.	Театр	Б/Б	36x42	20	10	500
5.	Магазин универсальный	Б/А	12x24	12	7	200
6.	Цех для прецизионных работ 1-й группы	Б/В	24x54	10	40	350
7.	Ресторан	Б/Б	24x24	7	25	150
8.	Спортивный центр	Б/А	18x24	18	20	400
9.	Цех хлопчатобумажного производства	Б/ t_B-2 °C J_B-2	12x54	12	17	600
10.	Поликлиника	Б/А	18x36	14	8	400

Расчетные параметры наружного воздуха:

числитель – для холодного периода

знаменатель – для теплого периода

3.3. Кроме индивидуальных исходных данных для всех вариантов принимаются следующие исходные (общие) данные:

- схема кондиционирования воздуха в летний период принимается от приточной до схемы с двумя рециркуляциями и вторым подогревом в зависимости от исходных данных;
- остекление выполнено с фасадной и противоположной стороны для всех зданий, кроме кинотеатра и театра, у которых остекление фасадное;
- остекление вертикальное, без наружных средств солнцезащиты;
- кровля зданий плоская, темного тона;
- в качестве источника холода в СКВ применить парокомпрессорные холодильные машины; холодильные агенты - фреон 12 и фреон 22;
- в качестве источника тепловой энергии использовать в калориферах 1 подогрева горячую воду с температурой 130-70 °C, а в калориферах 2 подогрева - горячую воду с температурой 70-40 °C;
- принять расчетный час суток - 13 часов;
- длину основных воздухопроводов приточного и рециркуляционного воздуха приближенно принимать равной суммарной длине основных размеров здания (длина + ширина + высота здания) для каждого вида воздухопроводов;
- длину воздухопроводов разводки принимать равной 0,75 от длины основных, суммарную величину местных сопротивлений ориентировочно принимать равной 0,4-0,5 от линейного гидродинамического сопротивления воздухопроводов.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

4.1. Определение расчетных параметров воздуха.

Выбор параметров наружного воздуха.

Расчетные параметры наружного воздуха для соответствующего периода года выбираются в зависимости от класса СКВ в соответствии с табл. 2. Параметры воздуха (температура, удельная энтальпия и скорость ветра) А и Б определяются по приложению 7 /5/.

Выбор параметров внутреннего воздуха.

Комфортным условиям в помещениях соответствуют оптимальные параметры воздуха, определяемые по приложению 4 /4/. Эти параметры принимаются для расчета систем кондиционирования воздуха, если кондиции не заданы специальными требованиями технологических процессов или другими соображениями.

Эти кондиции могут быть уточнены по нормативно-технической литературе и “Санитарным нормам проектирования промышленных предприятий” /1,8,9,10/

За расчетные параметры внутреннего воздуха в теплый период принять среднее значение зоны внутренних параметров, которую следует построить на $I-d$ диаграмме.

Примечания:

- 1) Относительная влажность, установленная нормами, по соображениям экономии энергии может быть выбрана: для летних условий - возможно больших значений; для зимних – более низких.
- 2) В районах с расчетной влажностью 75% и более расчетную влажность внутреннего воздуха допускается принимать до 75%.
- 3) В общественных зданиях с пребыванием людей в уличной одежде принимают для холодного периода температуру 14 °С.

4.2. Определение тепло- и влаговыведений в помещениях здания.

Общее количество теплоты, поступающей в помещение, определяется по формулам:

– для теплого периода года

$$\sum Q = Q_L + Q_{CP} + Q_{OB}, \text{ Вт} \quad (4.1)$$

– для холодного периода года

$$\sum Q = Q_L + Q_{om} + Q_{ob} - Q_n, \text{ Вт} \quad (4.2)$$

где: Q_L - тепловыделения от людей, Вт;

Q_{CP} - теплота, поступающая за счет солнечной радиации, Вт;

Q_{ob} - теплота, выделяемая оборудованием, Вт;

Q_{om} - теплота, поступающая от системы отопления, Вт;

Q_n - потери тепла через наружные ограждения, Вт.

Тепловыделения от людей принимаются по зависимости

$$Q_{\text{л}} = q \cdot n, \text{ Вт} \quad (4.3)$$

где: q – тепловыделение одним человеком, принимаемое в зависимости от температуры воздуха и характера выполняемой работы. /1,4,10/

Теплота, вносимая в помещение за счет солнечной радиации через световые проемы и покрытие определяется в теплый период года по указаниям приложения 12 /5/. Термическое сопротивление световых проемов определяется согласно требованиям /6,7/.

Тепловыделения от технического оборудования определить по формуле

$$Q_{\text{об}} = q_{\text{об}} \cdot F, \text{ Вт} \quad (4.4)$$

где: F – площадь здания в плане, м².

Допускается определять теплопритоки через покрытие за счет солнечной радиации по упрощенной методике, приведенной в /13/.

Тепло, поступающее от системы отопления, принимается

$$Q_{\text{от}} = Q_{\text{н}}$$

Влаговыведения в помещении определяются по формуле

$$\sum W = W_{\text{л}} + W_{\text{т.с.о}}, \text{ кг/с} \quad (4.5)$$

где: $W_{\text{л}}$ – влаговыведения от людей, кг/с;

$W_{\text{т.с.о}}$ – влаговыведения от технологического и санитарно-технического оборудования, кг/с.

Влаговыведения то людей

$$W_{\text{л}} = \frac{0,001 \cdot n \cdot D}{3600}, \text{ кг/с} \quad (4.6)$$

где: D – влаговыведения одним человеком, в зависимости от температуры окружающего воздуха, определяемые согласно 1 /3,4/, г/ч.

Влаговыведения от технологического и санитарно-технического оборудования

$$W_{\text{т.с.о}} = \omega_{\text{м}} \cdot F, \text{ кг/с} \quad (4.7)$$

4.3. Расчет расходов воздуха и выбор типа центрального кондиционера.

4.3.1. Определяется температура приточного воздуха.

$$t_{\text{н}} = t_{\text{в}} - \Delta t_{\text{пр}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.8)$$

где: $\Delta t_{\text{пр}}$ – перепад температур внутреннего и приточного воздуха, ⁰С, который зависит от того, куда подается приточный воздух.

При подаче его в рабочую зону его можно принять равным не более $2 - 4^{\circ}\text{C}$. Если воздух подается в верхнюю зону помещения, рабочий перепад температур Δt_n может быть принят равным не более $5 - 8^{\circ}\text{C}$ в зависимости от высоты расположения приточных отверстий. При прочих равных условиях, чем выше расположены приточные отверстия, тем больший перепад температур может быть принят.

Правильность выбора рабочего перепада температур проверяется расчетом параметров приточной струи /4/, целью которого является обеспечение в зоне обслуживания заданных значений температуры и скорости воздуха.

4.3.2. Определяется требуемый минимальный расход наружного воздуха, исходя из санитарных норм подачи свежего воздуха на 1 человека и поддержания избыточного давления в кондиционируемых помещениях

$$L_n = (l_{cn} \cdot n + m \cdot V_{kn}) \cdot \frac{\rho_n}{3600}, \text{ кг/с} \quad (4.9)$$

где: l_{cn} – норма расхода наружного воздуха, подаваемого в помещение на 1 человека, принимается по справочным данным от 20 до $80 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{чел}$;

n – число людей в помещении;

m – кратность превышения притока воздуха над вытяжкой, принимается по справочным данным в зависимости от вида помещения от 0,5 до $2(1/\text{час})$;

V_{kn} – объем кондиционируемого помещения, м^3 ;

ρ_n – плотность наружного воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$.

4.3.3. Так как процесс кондиционирования воздуха в летний период является определяющим, в

$I-d$ диаграмме строится процесс (ПВ) изменения состояния приточного воздуха в кондиционируемом помещении с тепло- и влагопритоками для летнего режима работы.

Определяется угловой коэффициент луча процесса ПВ

$$\varepsilon = \frac{\sum Q_i \cdot 10^{-3}}{\sum W_i}, \text{ кДж /кг} \quad (4.10)$$

По значениям исходных параметров внутреннего воздуха t_e и ϕ_e на диаграмму наносится положение точки В и определяются значения остальных параметров J_e и d_e .

Через точку В проводится луч процесса ПВ с угловым коэффициентом E_{ne}

Положение точки II – состояние приточного воздуха – определяется на пересечении изотермы t_n и луча ПВ. В точке II определяются все параметры ϕ_{II} , α_{II} , J_{II} .

4.3.4. Определяется полный расход приточного воздуха

$$L_O = \frac{\sum Q_i \cdot 10^{-3}}{I_{\epsilon} - I_n} = \frac{\sum W_i}{(L_{\epsilon} - L_n) \cdot 10^{-3}}, \text{ кг/с} \quad (4.11)$$

Если $L_O \leq L_H$, то принимается прямоточная схема обработки воздуха при $L_O = L_H$.

Если $L_O > L_H$, то принимается схема кондиционирования с рециркуляцией при $L_P = L_O - L_H$ или $L_{P1} + L_{P2} = L_O - L_H$.

По величине L_O производится подбор близкого по производительности типового центрального кондиционера, из серии КТ, КНУ, КА, КВ, КС и других, с помощью соответствующей справочной и нормативной литературы [1,2,4,10,11,13].

4.4. Расчет процессов кондиционирования воздуха для летнего периода.

4.4.1. Принимают схему обработки воздуха в кондиционере в летнем режиме работы, выбирая наиболее простую и экономичную в следующей последовательности: прямоточная схема, схема с адиабатическим охлаждением воздуха, схемы с первой и второй рециркуляцией и со вторым подогревом.

4.4.2. Определяется температура приточного воздуха на выходе из кондиционера t_n' и температура рециркуляционного воздуха на входе в кондиционер t_{ϵ}' :

$$\begin{aligned} t_n' &= t_n - \Delta t_{np}' \\ t_{\epsilon}' &= t_{\epsilon} + \Delta t_{\epsilon}', \end{aligned} \quad ^\circ\text{C} \quad (4.12)$$

где: $\Delta t_{np}'$ — дополнительный нагрев приточного воздуха в воздуховодах от кондиционера до помещения, принимаются: $\Delta t_{np}' = 1 \div 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\Delta t_{\epsilon}'$ — дополнительный нагрев внутреннего воздуха, поступающего на рециркуляцию в воздуховодах от помещения до кондиционера, принимается: $\Delta t_{\epsilon}' = 0,5 \div 1,0 \text{ } ^\circ\text{C}$.

По значениям температур $\Delta t_{np}'$ и $\Delta t_{\epsilon}'$ на диаграмме находят положение точек П' и В' при условии $d_n = d_n'$ и $d_{\epsilon} = d_{\epsilon}'$, а так же значения всех параметров в этих точках.

После построения процесса ПВ и нахождения точек П' и В' строится процесс обработки воздуха в кондиционере в соответствии с выбранной схемой.

4.4.2. Процесс обработки воздуха в кондиционере по прямоточной схеме (рис. 4.1) строится в следующей последовательности:

- определяется положение точки 0, на выходе из камеры орошения при $d_o = d_n$ и $\varphi_o = 92 \div 96\%$ строится процесс обработки наружного воздуха в камере орошения НО;
- строится процесс подогрева воздуха после камеры орошения в калориферах 2 подогрева ОП по условию $d_o = d_n' = d_n = \text{const}$ и определяются все параметры в точке 0;
- определяется охлаждающая мощность камеры орошения

$$Q_{охл} = L_o \cdot (I_n - I_o), \text{ кВт} \quad (4.13)$$

Прямоточная схема и процесс кондиционирования воздуха в летний период

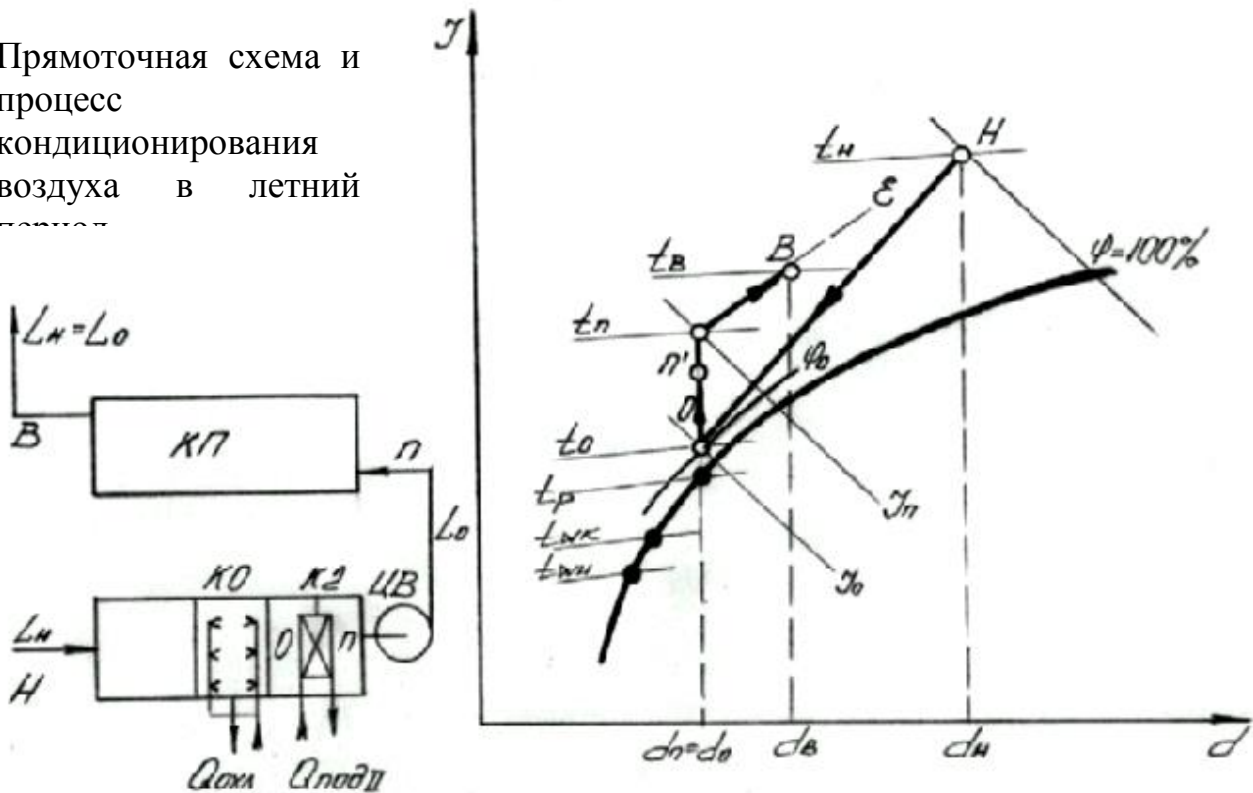


Рис. 4.1

Схема и процесс кондиционирования воздуха в летний период с первой рециркуляцией и вторым подогревом.



Рис. 4.2

– определяется расход тепла на калориферы II подогрева

$$Q_{\text{под. II}} = L_o (I_{n'} - J_o), \text{ кВт} \quad (4.14)$$

4.4.4. Процесс обработки воздуха в кондиционере по схеме с адиабатным охлаждением воздуха в КО и байпасом (рис. 4.3) может быть применен лишь при условии, что $I_n \leq I_{n'}$ и строится в следующей последовательности:

- определяется положение точки 0 на выходе из КО при $\varphi_o = 92 \div 96\%$ и $I_o = I_n$ и строится процесс НО обработки наружного воздуха в КО;
- строится процесс Н.С.-О смешения двух потоков воздуха;
- из камеры орошения $L_{\text{ко}}$ и из байпаса $L_{\text{б}}$, при условии $d_c = d_n = d'_n$ и $I_c = I_n = I_o$;
- из соотношения параметров точек Н, С и О по уравнению смешения определяют величину двух потоков воздуха $L_{\text{ко}}$ и $L_{\text{б}}$ с учетом условия $L_n = L_o = L_{\text{ко}} + L_{\text{б}}$ из уравнения

$$L_{\text{б}} = L_n \cdot \frac{d_c - d_o}{d_n - d_o}, \quad (4.15)$$

$$L_{\text{ко}} = L_n - L_{\text{б}}$$

– в случае если $t_c < t_{n'}$, то строят процесс подогрева воздуха из КО после смешения с байпасом в калориферах 2 подогрева и определяют расход тепла $Q_{\text{под. II}}$ по уравнению (4.14), либо вносят изменения в параметры точки П и П' с тем, чтобы соблюдалось условие $t_c = t_{n'}$, при котором калориферы 2 подогрева не нужны;

– по разности $d_o - d_n$ и расходу воздуха $L_{\text{ко}}$ определяют количество испарившейся влаги в адиабатном КО.

4.4.5. Процесс обработки воздуха по схеме с первой рециркуляцией и вторым подогревом (рис. 4.2) строится в следующей последовательности:

- определяется состояние воздуха в точке С после смешения двух потоков – наружного воздуха L_n и воздуха рециркуляции L_p . Точка С лежит на линии смешения В - Н и ее параметры определяются по уравнению материального баланса смешивания,

– определяется состояние воздуха на выходе из камеры орошения (точка 0) и строится процесс обработки воздуха в камере орошения СО, строится процесс нагрева воздуха после камеры орошения ОП' и определяется охлаждающая мощность камеры орошения $Q_{охл}$ и расход тепла на калориферы 2 подогрева $Q_{под. II}$ по методике, приведенной в п. 4.4.3.

4.4.6. Процесс обработки воздуха по схеме с первой и второй рециркуляцией и вторым подогревом (рис.4.4) строится в следующей последовательности:

– строится процесс ПВ изменения состояния воздуха в помещении и точки В' и П', как указано в пп.4.3.2 и 4.3.3;

– из точки В' через точку П' проводится прямая линия смешения воздуха второй рециркуляции и воздуха из камеры орошения В'-П'-0 до пересечения с линией $\varphi_o = 0,95\%$, точка пересечения при этом будет точкой 0. Если линия В'-П' не пересекает линию $\varphi_o = 0,95\%$, или температура $t_o < 8^\circ C$, то положение точки 0 принимают из условия $t_o < 8^\circ C$ и $\varphi_o = 0,95\%$, и определяют все параметры состояния воздуха в точке 0. Затем проводят линию смешения В'-0', и на пересечении ее с продолжением линии П-П' находят точку смешения после второй рециркуляции С2 и все параметры состояния воздуха в этой точке $d_{c2} = d_n = d_{n'}$, I_{c2} и φ_{c2} ;

– из балансовых уравнений смешения двух потоков воздуха после камеры орошения находим расход воздуха на вторую рециркуляцию

$$L_{p2} = \frac{J_{c2} - J_o}{J'_o - J_o} \cdot L_o, \quad \text{кг/с} \quad (4.17)$$

– определяется расход воздуха на первую рециркуляцию

$$L_{p1} = L_o - L_n - L_{p2}, \quad \text{кг/с} \quad (4.18)$$

– строится процесс В'-С1-Н смешения наружного воздуха с воздухом первой рециркуляции. На прямой В'-С1-Н определяется положение точки С1 по значению величины d_{c1} или I_{c1}

$$I_{c1} = \frac{I_{o'} \cdot L_{p1} + I_n \cdot L_n}{L_{p1} + L_n}, \quad (4.19)$$

$$d_{c1} = \frac{d_{o'} \cdot L_{p1} + d_n \cdot L_n}{L_{p1} + L_n}, \quad (4.20)$$

и определяются все параметры воздуха в точке С1, после чего строится процесс обработки воздуха после первой рециркуляции ($L_n + L_{p1}$) в камере орошения (прямая С1-0);

– определяется требуемая охлаждающая мощность камеры орошения

$$Q_{охл} = (L_n + L_{p1}) \cdot (I_{c1} - I_o), \quad \text{кВт} \quad (4.21)$$

– в случае, если точка смешения после второй рециркуляции (С2) лежит ниже точки П', определяется требуемый расход тепла в калорифере 2 подогрева процесс С2-П' $Q_{под. II}$ по уравнению, аналогичному (4.14)

4.5. Расчет процессов кондиционирования воздуха для зимнего периода.

4.5.1. Так для СКВ используется один и тот же кондиционер и в зимний и в летний периоды, то схема обработки воздуха в зимний период принимается такой же как и в летний.

Расход приточного воздуха L_o и расход наружного воздуха в зимний период остаются такими же как и в летний, но с коррекцией на изменение величины плотности наружного воздуха $-\rho_n$.

4.5.2. Выполняется расчет тепло- и влаговыделений в зимнем режиме работы СКВ и определяется величина углового коэффициента ε_{nv} процесса изменения состояния воздуха в помещении ПВ. Определяется на $I-d$ диаграмме положение точки В по заданным параметрам t_v и φ_v , через точку В проводится луч процесса с угловым коэффициентом, равным $\varepsilon_{ПВ}$, и на этом луче определяется положение точки П по параметрам

$$I_n = I_v - \frac{\sum Q_i \cdot 10^3}{L_o}, \quad (4.22)$$

$$d_n = d_v - \frac{\sum W_i}{L_o}, \quad (4.23)$$

после чего строят процесс ПВ и определяют все параметры состояния в точке П (t_n , φ_n и др.).

Изменение температуры воздуха в приточных и рециркуляционных каналах в зимний период незначительны и в расчетах не учитываются, т.е. положение точек П' и В' не определяется.

После построения процесса ПВ строится процесс обработки воздуха в кондиционере по принятой схеме.

4.5.3. Процесс обработки воздуха в кондиционере для прямоточной схемы (рис. 4.5) строится в следующей последовательности:

- определяется положение точки 0, определяющей состояние воздуха на выходе из адиабатической камеры орошения по условию $\varphi_o = 0,95\%$ и $d_o = d_n$, и определяют все параметры состояния воздуха в точке 0. Если окажется, что $t_o < 2^\circ C$, то прямоточная схема не может быть использована и принимаются схемы с рециркуляцией;
- строится процесс КО, протекающий в адиабатной камере орошения по условию $d_k = d_n$ и $I_k = I_o$ (более точно этот процесс строить по линии $t_m = const.$, т.е. $t_{mo} = t_{mk}$);
- строится процесс подогрева воздуха в калориферах 1 подогрева НК и 2 подогрева ОП;
- определяется расход тепла на калориферах:

$$Q_{под.1} = L_o \cdot (I_k - I_n), \text{ кВт} \quad (4.24)$$

$$Q_{\text{под. II}} = L_o \cdot (I_n - I_o), \text{ кВт} \quad (4.25)$$

и количество влаги испарившейся влаги в адиабатной камере орошения

$$W_{\text{исп}} = L_o \cdot (d_o - d_n) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (4.26)$$

4.5.4. Процесс обработки воздуха в кондиционере с первой рециркуляцией, подаваемой до калорифера 1 подогрева (рис. 4.6), строится в следующей последовательности:

– процесс ПВ и положение точки 0 строятся, как было описано выше в пп. 4.5.2. и 4.5.3.;

– строится процесс смешения Н-С-В и потоков воздуха первой рециркуляции L_o и наружного воздуха L_n и определяется положение точки смешения С на прямой Н-С-В по условию из уравнения (4.18) или (4.19), определяя значения d_c и I_c ;

– строится процесс КО в камере адиабатного орошения по условию $d_k = d_c$ и $I_k = I_o$;

Прямоточная схема и
процесс
кондиционирования
воздуха в зимний период

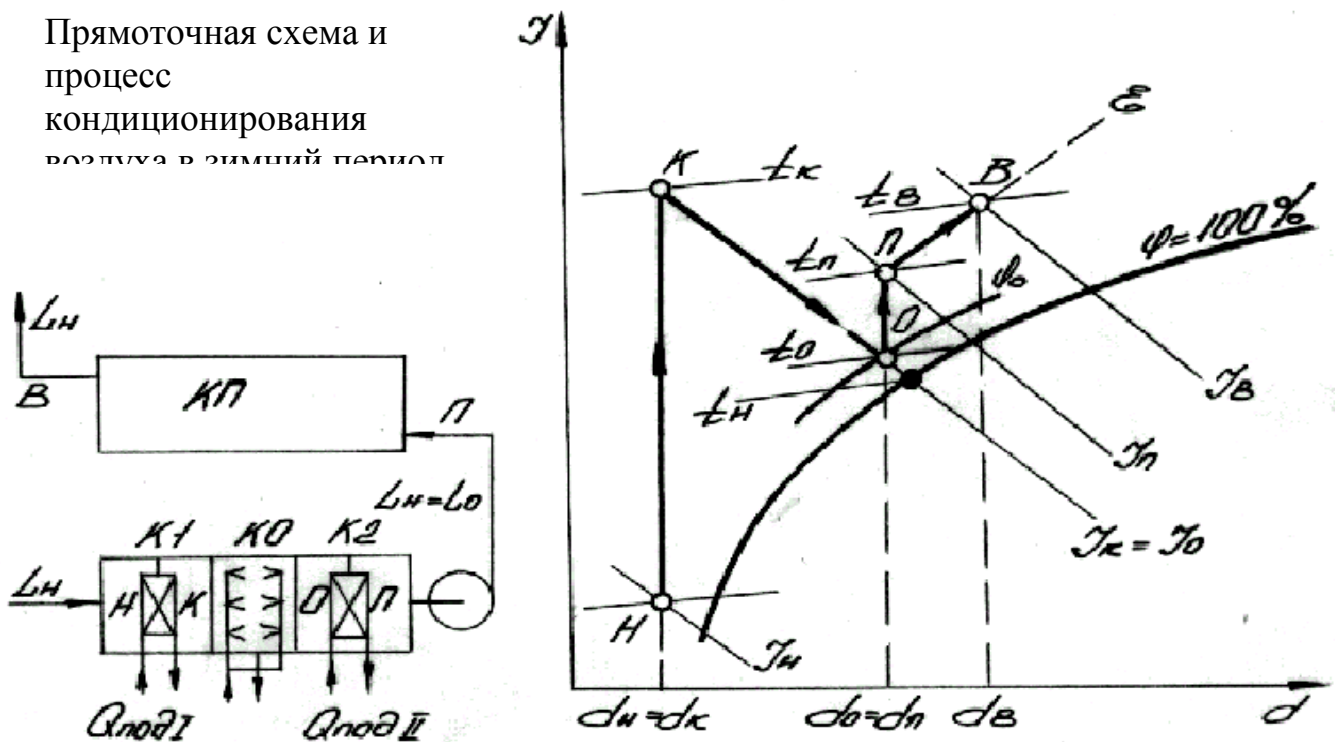


Рис. 4.5

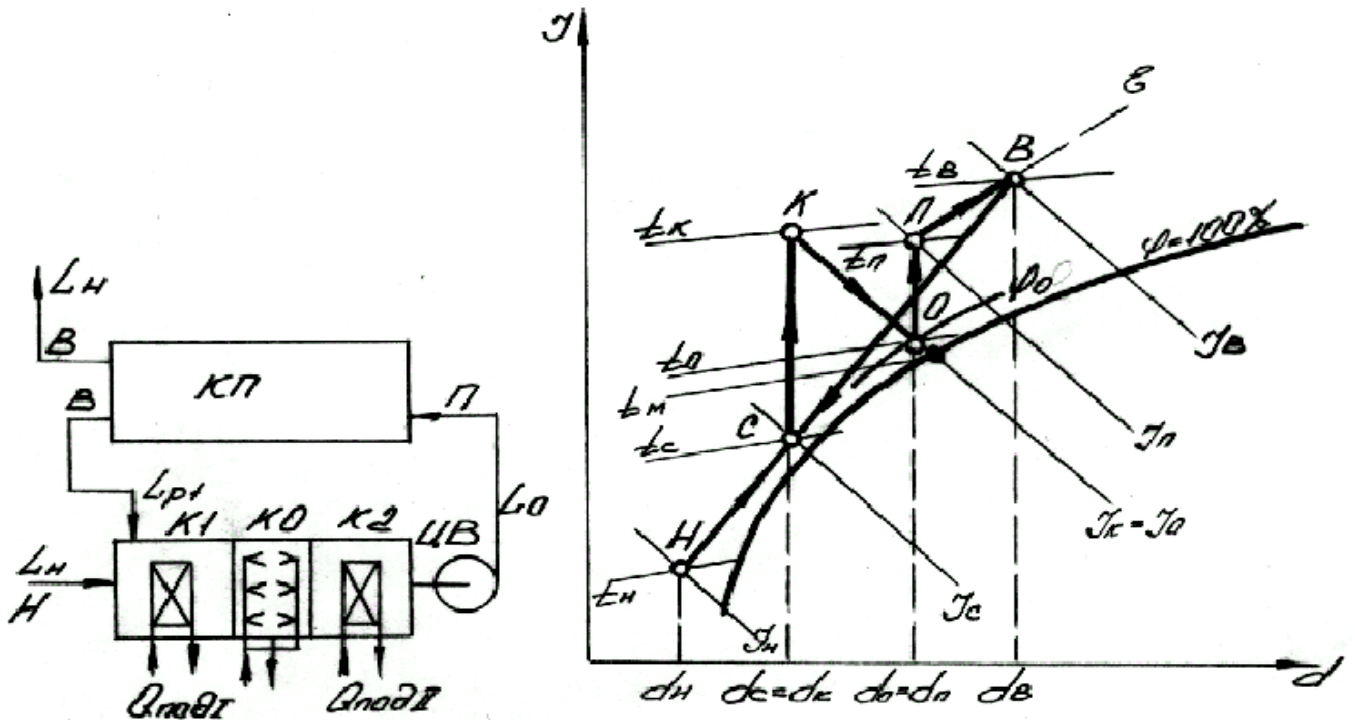


Рис. 4.6

– строятся процессы подогрева воздуха в калориферах 1 и 2 подогрева – СК и ОП;
 – определяется расход тепла на калориферы и количество испаренной влаги по уравнениям, аналогичным (4.24), (4.25) и (4.26).

4.5.5. Процесс обработки воздуха в кондиционере с первой и второй рециркуляцией (рис. 4.7) строится в следующей последовательности:

– строится процесс ПВ, как указано в п. 4.5.2.;
 – строится процесс смешения В-С2-0 потока воздуха второй рециркуляции L_{p2} и воздуха после камеры орошения ($L_{p1} + L_n$). Учитывая, что величины L_{p1} , L_{p2} , L_n и $L_o = L_{p1} + L_{p2} + L_n$ известны из расчета режима и $d_{c2} = d_n$, из уравнения материального баланса смешения В-С2-0 находим

$$d_o = d_e - \frac{L_o}{L_n + L_{p1}} \cdot (d_e - d_{c2}), \quad (4.27)$$

и используя условие $\varphi_o = 0,95\%$, находим положение точки 0; строим прямую процесса смешения В-С2-0 и находим все параметры воздуха в точках С2 и 0;

– строится процесс смешения К-С1-В потока воздуха первой рециркуляции L_{p1} и наружного воздуха L_n в камере смешения после калорифера 1 подогрева. При условии $d_k = d_n$ из уравнения материального баланса процесса смешения В-С1-П находим величину d_{c1} , используя уравнение (4.20), По значению d_{c1} и условию $I_{c1} = I_o$ находим положение точки смешения после первой рециркуляции С1 и все параметры в этой точке. Проводя прямую линию В-С1-К, находим положение точки К по условию $d_k = d_n$;

– строятся процессы подогрева воздуха в калориферах 1 подогрева – НК и 2 подогрева – С2-П, а так же процесс обработки воздуха в адиабатной камере орошения – С1-0;

– определяется расход тепла на калориферы и количество испаренной влаги по уравнениям (4.24), (4.25) и (4.26).

Схема и процесс
кондиционирования
воздуха в зимний период
с первой и второй
компрессорами

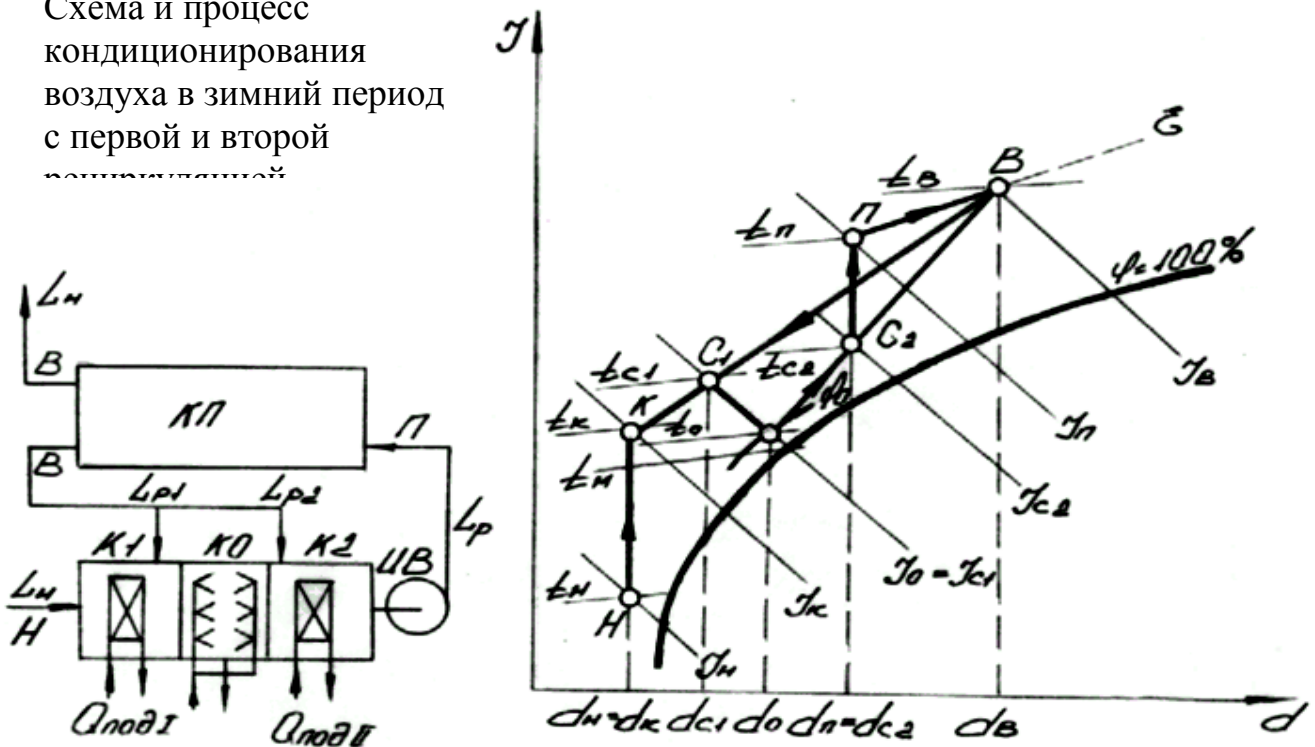


Рис. 4.7

4.6. Расчет камеры орошения.

4.6.1. Расчет камеры орошения (КО) ЦК принято выполнять по методу НИИ Сантехники, предложенному Е.Е. Карписом на основе результатов экспериментальных исследований типовых КО ЦК.

Характеристика основных процессов в камере орошения

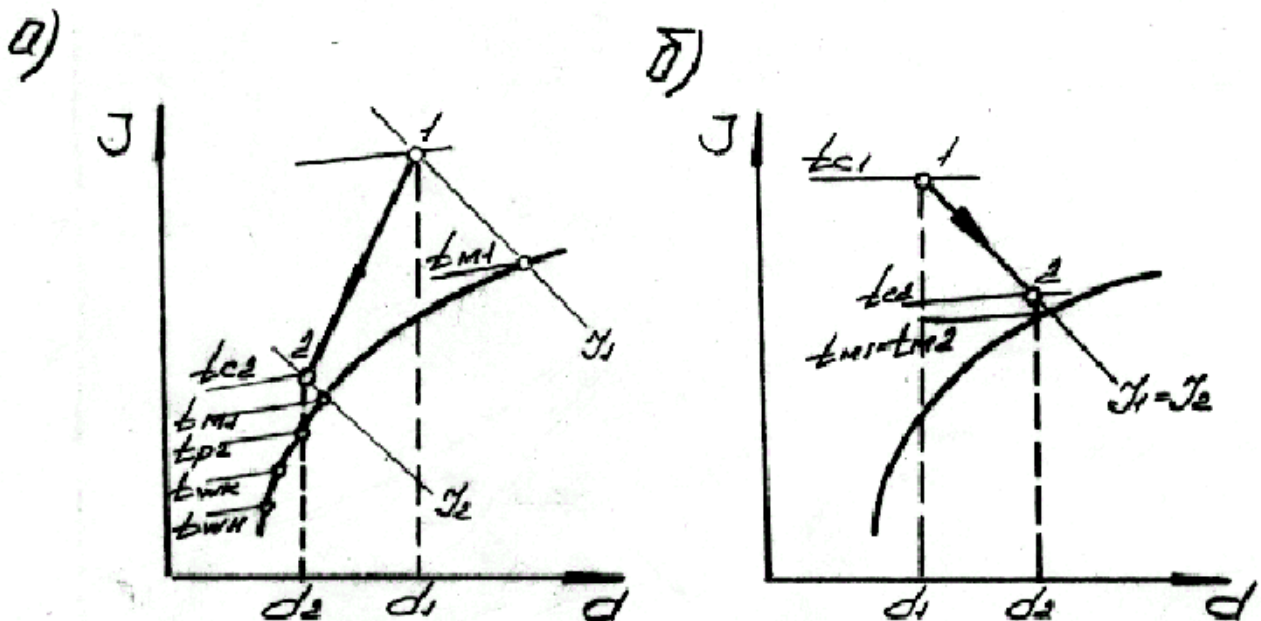


Рис. 4.8

- а) политропный процесс охлаждения и осушения воздуха в КО;
- б) diabatic процесс охлаждения и увлажнения воздуха в КО.

При этом используются следующие характерные температуры (рис. 4.8) и коэффициенты эффективности работы КО;

- t_{c1} и t_{c2} – температура воздуха по сухому термометру до и после КО;
- t_{m1} и t_{m2} – тоже по мокрому термометру;
- I_1 и I_2 – теплосодержание воздуха до и после КО, кДж/кг;
- t_{wh} и t_{wk} – начальная и конечная температуры воды на входе и выходе из КО;
- универсальный коэффициент эффективности полного теплообмена в КО (пригодный для всех видов процессов)

$$E' = 1 - \frac{t_{c2} - t_{m2}}{t_{c1} - t_{m1}}, \quad (4.28)$$

– коэффициент эффективности полного теплообмена в КО для политропного процесса обработки воздуха

$$E_{\Pi} = 1 - \frac{t_{m2} - t_{wk}}{t_{m1} - t_{wh}}, \quad (4.29)$$

– коэффициент эффективности полного теплообмена в КО для адиабатного процесса обработки воздуха

$$E_A = 1 - \frac{t_{c2} - t_{m2}}{t_{c1} - t_{m1}}, \quad (4.30)$$

полученный из условия, что при адиабатном увлажнении воды в КО $t_{m2} + t_{wh} + t_{wk}$ и $I_1 = I_2$

Из этого следует, что для адиабатного процесса увлажнения $E_A = E'$

4.6.2. Кроме приведенный выше коэффициентов эффективности, для расчета КО используется уравнение теплового баланса КО

$$I_1 - I_2 = 4,187 \cdot B \cdot (t_{wk} - t_{wh}), \quad (4.31)$$

где: $B = \frac{W_{KO}}{L_{KO}}$ – коэффициент орошения, кг/кг;

W_{KO} – расход воды в КО через форсунки, кг/с;

L_{KO} – расход воздуха через КО, кг/с.

Расход воды через форсунки в КО определяется из уравнения

$$W_{KO} = g_{\phi} \cdot n_{\phi} \cdot F_{\kappa\phi} \cdot Z_p, \quad (4.32)$$

где: g_{ϕ} – расход воды через одну форсунку, кг/с;

n_{ϕ} – плотность расположения форсунок в одном ряду поперечного сечения КО, шт/м²;

$F_{\kappa\phi}$ – поперечное сечение КО, м²;

Z_p – число поперечных рядов форсунок.

Расход воды через одну центробежную тангенциальную форсунку стандартной конструкции определяется из эмпирического уравнения

$$g_{\phi} = 0,00107 \cdot P_{\phi}^{0,48} \cdot d_o^{1,38}, \quad (4.33)$$

где: P_{ϕ} – избыточное давление воды перед форсункой (ата), кг/см²;

d_o – диаметр выходного отверстия форсунки, мм.

4.6.3. Значение коэффициента эффективности можно вычислить по эмпирическим уравнениям, полученным в НИИ Сантехники по данным экспериментальных исследований типовых КО ЦК, в зависимости от технических характеристик КО

При $1,5 \leq U\rho \leq 3,0$ кг/(м²с), и $n_\phi = 13 \div 39$ шт/м²

$$E_n \cdot (E', E_A) = A_1 \cdot K_n \cdot (U\rho)^{m_1} \cdot B^{l_1}, \quad (4.34)$$

При $U\rho > 3,0$ кг/(м²с) и $n_\phi = 18 \div 24$ шт/м²

$$E_n \cdot (E', E_A) = A_2 \cdot B^{l_2}, \quad (4.35)$$

В приведенных уравнениях:

– A_1, m_1, l_1 и A_2, l_2 – эмпирические коэффициенты, определяемые в зависимости от технических характеристик КО из таблицы 3, составленной ппппоэкспериментальным данным НИИ Сантехники /1,3,4,10,15/;

– K_n – поправочный коэффициент на плотность расположения форсунок в поперечном сечении КО, определяемый для однорядной КО ($Z_p = 1$) из уравнения

$$K_n = 2,3 \cdot n_\phi^{-0,324}, \quad (4.36)$$

и для двухрядной КО ($Z_p = 2$) из уравнения

$$K_n = 1,48 \cdot n_\phi^{-0,156}, \quad (4.37)$$

$U\rho$ – весовая скорость воздуха в поперечном сечении КО, кг/(м²с).

4.6.4. Методика расчета КО.

1. Расчет КО производится по исходным данным, полученным при расчете и построении общего процесса кондиционирования в ЦК и по данным построения процесса обработки воздуха в КО, – процесс НО (СО или КО) – для принятой схемы кондиционирования.

Исходными данными для расчета КО являются:

– параметры влажного воздуха на входе в камеру орошения (точка Н, С или К) t_{c1}, t_{m1}, I_1 ;

– параметры влажного воздуха на входе из КО (точка 0) t_{c2}, t_{m2}, I_2 ;

– расход воздуха через камеру орошения L_o .

2. По величине общей производительности системы кондиционирования L_o выбирают тип ЦК и определяют характеристики кондиционера и КО:

– площадь сечения КО, $F_{ко}, \text{м}^2$;

– плотность расположения форсунок $n_\phi = 13, 18 \div 24$ шт/м²;

– число рядов форсунок $Z_p = 1, 2$ или 3 и направление распыла воды;

– тип форсунок и диаметр выходного отверстия $d_o = 3,5 \div 5$ мм.

Рассчитывают весовую скорость воздуха в КО

$$U\rho = \frac{L_{ко}}{F_{ко}}, \quad (4.38)$$

3. При расчете КО с политропным процессом в летний период из уравнения типа (4.28) определяют универсальный коэффициент КО, E' , а из уравнения (4.34) или (4.35), зная величину E' , определяют требуемый коэффициент орошения В, т.к. все остальные величины в этих уравнениях известны.

Зная величину B из уравнения (4.34) и (4.35) определяют величину коэффициента эффективности КО для политропного процесс E_n .

Таблица 3

Значения эмпирических коэффициентов в уравнениях (4.34) и (4.35)

№ п/п	Хар-ка КО		Направл. расплен. воды	Хар-ка процесс а в КО		Значения коэффициентов в уравнениях				
	Z_p	d_o				A_1	m_1	l_1	A_2	l_2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	1	5	по потоку воздуха	политрп ы с охл. и осуш. воздуха	E_n	0,635	0,245	0,42	—	—
					,	0,662	0,23	0,67	—	
2.	1	5	против потока	То же	E_n	0,73	—	0,35	0,92	0,67
					,	0,88	—	0,36	0,65	0,347
3.	2	5	1 ряд по потоку воздуха 2-против	То же	E_n	0,745	0,07	0,265	0,722	0,277
					,	0,755	0,12	0,27	0,776	0,271
4.	2	5	оба ряда против потока воздуха	То же	E_n	0,56	0,29	0,46	—	—
					,	0,73	0,15	0,25	—	—
5.	2-3	3,5	1 ряд по потоку 2-3 притив	То же	E_n	—	—	—	0,843	0,272
					,	—	—	—	0,857	0,316
6.	1	5	против потока воздуха	То же	E_n	—	—	—	0,686	0,07
					,	—	—	—	0,72	0,357
7.	1	3,5	То же	То же	E_n	—	—	—	0,836	0,664
					,	—	—	—	0,8	0,02
8.	2	5	1 ряд по потоку 2 против потока	То же	E_n	0,6	0,124	0,234	0,827	0,105
					,	0,835	0,04	0,23	0,809	0,17
9.	2	5	оба ряда против потока	То же	E_n	0,54	0,35	0,41	—	—
					,	0,62	0,3	0,44	—	—
10.	2	3,5	1 ряд по потоку 2 против потока	То же	E_n	0,655	0,33	0,33	0,84	0,114
					,	0,783	0,18	0,38	0,887	0,096

11.	1	5	по потоку воздуха	адиабат ный процесс увлажне ния воздуха	$A = E$,	0,8	0,25	0,4	—	—
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12.	1	5	против потока воздуха	То же	$A = E$,	0,8	0,25	0,4	0,92	0,67
13.	1	3,5	То же	То же	$A = E$,	1,05	0,1	0,4	0,76	0,06
14.	2	5	1 ряд по потоку 2 против потока	То же	$A = E$,	0,75	0,15	0,29	0,795	0,27
15.	2	3,5	То же	То же	$A = E$,	0,873	0,1	0,3	0,886	0,31

Примечание. Значения коэффициентов, приведенных в таблице могут быть использованы при $1,0 < P_{\phi} < 2,5$ кгс/см² и $0,5 < B < 1,2$ для однорядных камер и $0,8 < B < 2,3$ для двух-, трехрядных КО.

Из уравнения (4.30) определяем , требуемую начальную температуру воды перед форсунками

$$t_{wh} = t_{m1} - \frac{t_{m2} - t_{wk}}{1 - E_n}, \quad (4.39)$$

Из уравнения (4.31) определяем требуемую конечную температуру воды после разбрызгивания на выходе из КО.

$$t_{wk} = t_{wh} + \frac{I_1 - I_2}{4.187 \cdot B}, \quad (4.40)$$

Решая совместно уравнения (4.39) и (4.40), получим

$$t_{wh} = t_{m1} - \frac{t_{m1} - t_{m2}}{E_n} - \frac{I_1 - I_2}{4.187 \cdot B}, \quad (4.41)$$

Определив значение t_{wh} из уравнения (4.40), находим значение t_{wk} , и проверяем условия: $t_{wh} \geq 5^{\circ}\text{C}$, $t_{wk} < t_{p2}$ и $1,0 < P_{\phi} < 2,5 \text{ кгс/см}^2$, где t_{p2} – температура точки росы для состояния воздуха на выходе из КО.

Если указанные условия не соблюдаются, необходимо изменить принятые значения исходных величин P_{ϕ} , Z_{ϕ} или $F_{ко}$ и повторить расчет.

Другой путь решения задачи состоит в том, чтобы задать требуемое значение температуры воды t_{wh} , а затем, используя уравнения (4.41) и (4.29), найти необходимые значения величин E_n и B методом последовательных приближений.

Определяют общее количество воды, распыляемой форсунками в КО

$$W_{ко} = L_{ко} \cdot B, (4.42)$$

и требуемую производительность одной форсунки g_{ϕ} из уравнения (4.32).

Из уравнения (4.33) определяют необходимое избыточное давление воды перед форсунками P_{ϕ} , атм и по значению величин P_{ϕ} и $W_{ко}$ подбирают тип циркуляционного насоса для КО.

4. При расчете КО, в которых осуществляется адиабатный процесс обработки воздуха в летний период, учитываются исходные данные по п.1 и условие $E_A = E'$,

$$t_{wh} = t_{wk} = t_{m1} = t_{m2} \text{ и } I_1 = I_2.$$

Определяя технические характеристики КО, как указано выше в п.2, затем из уравнения (4.30) определяют величину $E_A = E'$, а из уравнения (4.34) или (4.35) требуемое значение величины B , а из уравнений (4.42), (4.32) и (4.33) последовательно определяют значения величины $W_{ко}$, g_{ϕ} и P_{ϕ} и проверяют условие (таблица 3) $1,0 < P_{\phi} < 2,5 \text{ кгс/см}^2$.

Если указанное условие не соблюдается, необходимо изменить принятые значения исходных величин n_{ϕ} , Z_{ϕ} и $F_{ко}$ и повторить расчет.

По значению величин $W_{ко}$, g_{ϕ} и P_{ϕ} подбирают циркуляционный насос КО.

5. Так как в зимний период КО работает только в режиме адиабатного процесса охлаждения и увлажнения воздуха, расчет КО для зимнего периода ведется в соответствии с данными построения процесса в КО для зимнего периода (процесс КО и СО) и в последовательности, приведенной в п.п. 1,2 и 4. Так как КО принятая для летнего периода используется и для зимнего периода, то все характеристики камеры остаются неизменными, а в случае необходимости определяют только число форсунок, которые необходимо заглушить для обеспечения работы КО в зимний период.

6. Аэродинамическое сопротивление типовых КО ЦК определяется по уравнениям:

для двухрядных камер орошения

$$H_{ко} = 14.13 \cdot (U\rho)^{1.81}, \text{ Па} (4.43)$$

для трехрядных камер орошения

$$H_{ко} = 33.75 \cdot (U\rho)^{1.2}, \text{ Па} (4.44)$$

При расчете $H_{ко}$ по формулам гидродинамического сопротивления рекомендуется принимать суммарный коэффициент гидродинамического сопротивления $\Sigma\xi=16$ – для однорядной КО, $\Sigma\xi=26$ – для двухрядной КО и $\Sigma\xi=35$ – для трехрядной КО.

4.7. Расчет и подбор секции подогрева воздуха (калориферов).

4.7.1. Воздухонагреватели центральных кондиционеров КТ комплектуются из базовых однорядных, двухрядных и трехрядных теплообменников высотой 1 и 1,5 м.

Глубина одного ряда воздухонагревателей для кондиционеров КТ-30 - КТ-160 равна 250 мм, для КТ-200 - 503 мм.

Теплообменники каждой вертикальной группы одного ряда воздухонагревателя соединяются между собой по теплоносителю параллельно или последовательно, в зависимости от располагаемого давления. Вертикальные группы теплообменников одного ряда соединяются между собой параллельно. Ряды теплообменников по ходу воздуха могут соединяться между собой по параллельной, последовательной и прямоточной схемам.

Число рядов трубок по ходу воздуха может изменяться от 1 до 6 (при начальных температурах воздуха до -40°C), что достигается соответствующей компоновкой однорядных, двухрядных и трехрядных теплообменников.

В качестве теплоносителя в калориферах ЦК может использоваться горячая вода из теплотрассы с начальной температурой $70-150^{\circ}\text{C}$ или водяной пар с давлением до $0,6\text{МПа}$.

Высшая допустимая температура воды на выходе из секции первого подогрева должна быть равна $+70^{\circ}\text{C}$; из секции второго подогрева – в зависимости от схемы узла смешения.

Низшая допустимая температура воды на выходе из секции: первого подогрева $+25^{\circ}\text{C}$ (по условиям предотвращения замораживания); второго подогрева $+5^{\circ}\text{C}$, но не ниже конечной температуры воздуха.

Воздухонагреватели, как правило, следует принимать без обводного клапана. В тех случаях, когда конечная температура воды при данной поверхности водонагревателя оказывается ниже допустимой, часть воздуха перепускается через клапан обводного канала.

4.7.2. Расчет калориферов первого К1 и второго К2 подогрева производится по данным процессов подогрева воздуха в этих калориферах, полученным при построении и расчете общего процесса кондиционирования в зимний период (соответственно в калорифере К1 - процесс НК, в калорифере К2 - процесс ОП).

При расчете любого калорифера (процесс 1-2) исходными данными являются:

- параметры влажного воздуха на входе в калорифер (точка Н или О) t_1, I_1 ;
- параметры влажного воздуха на выходе из калорифера (точка К или П) t_2, I_2 ;
- расход воздуха через калорифер $L_k, \text{кг/с}$;
- температура теплоносителя (горячей воды) на входе t_{TH} и на выходе из калорифера $t_{\text{МК}}$, $^{\circ}\text{C}$, с соблюдением условия п.4.7.1 и $t_{\text{MN}} = t_2 + (10 \div 15)^{\circ}\text{C}$;
- давление P_n и температура насыщения t_n теплоносителя – греющего пара (в случае парового нагрева) из условия $t_n = t_2 + (10 \div 15)^{\circ}\text{C}$, так как для пара $t_{\text{MN}} = t_{\text{МК}} = t_n$.

4.7.3. В соответствии с принятыми при расчете КО размерами ЦК, выбирают типовую секцию калорифера и число секций устанавливаемых в одном ряду поперечного сечения ЦК.

Определяют расход теплоносителя через калорифер для горячей воды:

$$W_m = \frac{L_k(I_2 - I_1)}{4.187(t_{\text{MN}} - t_{\text{МК}})}, \quad (4.45)$$

– для пара

$$W_m = \frac{L_k(I_2 - I_1)}{i_n - i_k}, \text{ кг/с} \quad (4.46)$$

где: i_n и i_k – теплосодержание насыщенного греющего пара при давлении P_n и переохлажденного конденсата ($t_k = 100 \div 110^{\circ}\text{C}$), кДж/кг .

Находят весовую скорость движения воздуха в калорифере:

$$\nu \rho = \frac{L_k}{f_{\text{жс}} \cdot Z_{k1}}, \text{ кг/(м}^2\text{с)} \quad (4.47)$$

и скорость движения теплоносителя - горячей воды в трубах калорифера

$$w_m = \frac{W_m \cdot V_m}{f_m \cdot Z_m}, \text{ м/с} \quad (4.48)$$

где: $f_{жс}$ – живое сечение для прохода воздуха в одной секции калорифера, м²;
 f_2 – живое сечение для прохода горячей воды в одной секции калорифера, м²;
 V_m – удельный объем горячей воды при ее средней температуре, м³/кг;
 $Z_{кл}$ – число типовых секций, установленных в одном ряду поперечного сечения ЦК;
 Z_m – число секций калорифера, включенных параллельно по горячей воде.

4.7.4. Коэффициент теплопередачи для типовой секции калорифера определяют по уравнению:

$$K = a \cdot (\nu\rho)^n \cdot W_m^r, \text{ Вт/(м}^2\text{К)} \quad (4.49)$$

а сопротивление проходу воздуха через одну секцию калорифера равно:

$$\Delta h_k = \nu \cdot (\nu\rho)^m, \text{ Па} \quad (4.50)$$

где: a , n , r , ν и m – эмпирические коэффициенты, определяемые по данным /1,3,4,8,10,11,15/ из таблицы 4.

Таблица 4

Значение эмпирических коэффициентов в уравнениях (4.49) и (4.50).

№№ п/п	Вид Теплоносителя	Число рядов труб в типовой секции	Значение коэффициентов в уравнениях				
			a	n	r	ν	m
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	горячая вода	1	17,5	0,473	0,136	1,57	1,80
2.	горячая вода	2	15,7	0,49	0,135	2,07	1,86
3.	горячая вода	3	14,9	0,49	0,130	2,90	1,86
4.	Пар	1	13,3	0,55	-	1,57	1,80
5.	Пар	2	13,2	0,5	-	2,07	1,86
6.	Пар	3	13,2	0,5	-	2,9	1,86

Примечание: Значение коэффициентов, приведенных в таблице, справедливы при $4 < \nu\rho < 10$ кг/(м²с) и $W_m = 0,2 \div 1,0$ м/с.

4.7.5. Требуемая суммарная поверхность нагрева калориферов (К1 или К2) определяется из общего уравнения теплопередачи

$$F_k = \frac{L_k \cdot (I_2 - I_1) \cdot 10^{-3}}{K \cdot \Delta t_{cp}}, \text{ м}^2 \quad (4.51)$$

где: Δt_{cp} – средний температурный напор в калориферах, определяемый из уравнения

$$\Delta t_{cp} = 0.5 \cdot [(t_{mn} + t_{mk}) - (t_1 + t_2)], \quad (4.52)$$

Определяют требуемое число рядов $Z_{к2}$ типовых секций калорифера, учитываемых по ходу движения воздуха в сечении ЦК.

$$Z_{к2} = \frac{F_k}{f_{mc} \cdot Z_{к1}}, \quad (4.53)$$

где: f_{mc} – площадь теплообмена одной типовой секции калорифера, определяемая по справочным данным, м².

Полученное значение округляют до целого, в том числе и путем изменения исходных данных расчета: вида принимаемой типовой секции, схемы их включения и т.д., после чего расчет повторяют до уточнения величины $Z_{к2}$.

4.8. Аэродинамический расчет воздухопроводов.

Аэродинамический расчет системы приточных и рециркуляционных воздухопроводов выполняется в соответствии с общепринятой методикой [4,10,11,15].

В результате расчета определяют размеры основных участков воздухопроводов, потери давления в системе. Расчет может выполняться в табличной форме.

В качестве исходных данных используют результаты выполненных расчетов для ЦК и дополнительные указания по длине воздухопроводов, приведенных в пп.3.3. настоящих методических указаний.

4.9. Расчет и выбор оборудования холодильной установки.

4.9.1. В соответствии с исходными данными по пп.3.3. в качестве источника холода для КО ЦК принимается парокомпрессорная холодильная машина (ПХКМ) с холодильным агентом фреон –12 или фреон –22 с обратным охлаждением воды из конденсаторов ПХКМ в градирнях или брызгальных бассейнах. Принципиальная схема такой ПХКМ приведена на рис.4.9.

Требуемая холодопроизводительность ПХКМ для ЦК составит:

$$Q_0 = \frac{K_n \cdot [Q_{охл} + q_{ум} \cdot W_{ко} \cdot 4,187 \cdot (t_{дв} - t_{wh})]}{\epsilon}, \text{ кВт} \quad (4.54)$$

где K_n – коэффициент потерь, учитывающий потери холода в ПХКМ, принимают $K_n = 1,07 \div 1,1$;

$Q_{охл}$ – холодильная мощность КО, определяемая при ее расчете, кВт;

$q_{ум}$ – величина потерь воды в КО, в долях от ее расхода $W_{ко}$, вследствие испарения воды и уноса капель, принимают $q_{ум} = 0,01$ при грубом распылении воды и $q_{ум} = 0,02$ при среднем распылении;

$t_{дв}$ – температура добавочной воды, подаваемой в КО для восполнения утечек, для водопроводной воды $t_{дв} = 20^\circ\text{C}$;

ϵ – коэффициент рабочего времени компрессора, учитывающий неполное время работы компрессора ПХКМ в течение суток, принимают $\epsilon = 0,7 \div 0,9$.

4.9.2. Исходные параметры, необходимые для построения цикла ПХКМ, выбирают из следующих соображений:

- температура испарения холодильного агента в испарителе

$$t_o = t_{wh} - (2 \div 4), ^\circ\text{C}$$

но при условии $t_o \geq 1^\circ\text{C}$;

- температура конденсации холодильного агента в конденсаторе

$$t_k = t_{ов}^k + (4 \div 6), ^\circ\text{C}$$

- температура охлаждающей оборотной воды после конденсатора

$$t_{ов}^k = t_{ов}^h + (3 \div 5), ^\circ\text{C}$$

- температура охлаждающей оборотной воды перед конденсатором

$$t_{ов}^h = t_{nm} + (3 \div 4), ^\circ\text{C}$$

где t_{nm} – температура наружного воздуха по мокрому термометру, определяемая по диаграмме по известным параметрам точки Н в построенном процессе ЦК для летнего режима;

- температура переохлаждения холодильного агента после конденсатора

$$t_{но} = t_{ов}^h + (1 \div 2), ^\circ\text{C}$$

I-d –

- температура всасывания паров холодильного агента в компрессор

$$t_{ec} = t_o + (10 \div 20), ^\circ\text{C}$$

Зная величины t_k и t_o по таблицам и диаграммам свойств холодильных агентов, определяют соответствующее давление насыщения p_k и p_o .

Принципиальная схема парокомпрессорной холодильной машины в системе охлаждения камеры орошения ЦК.

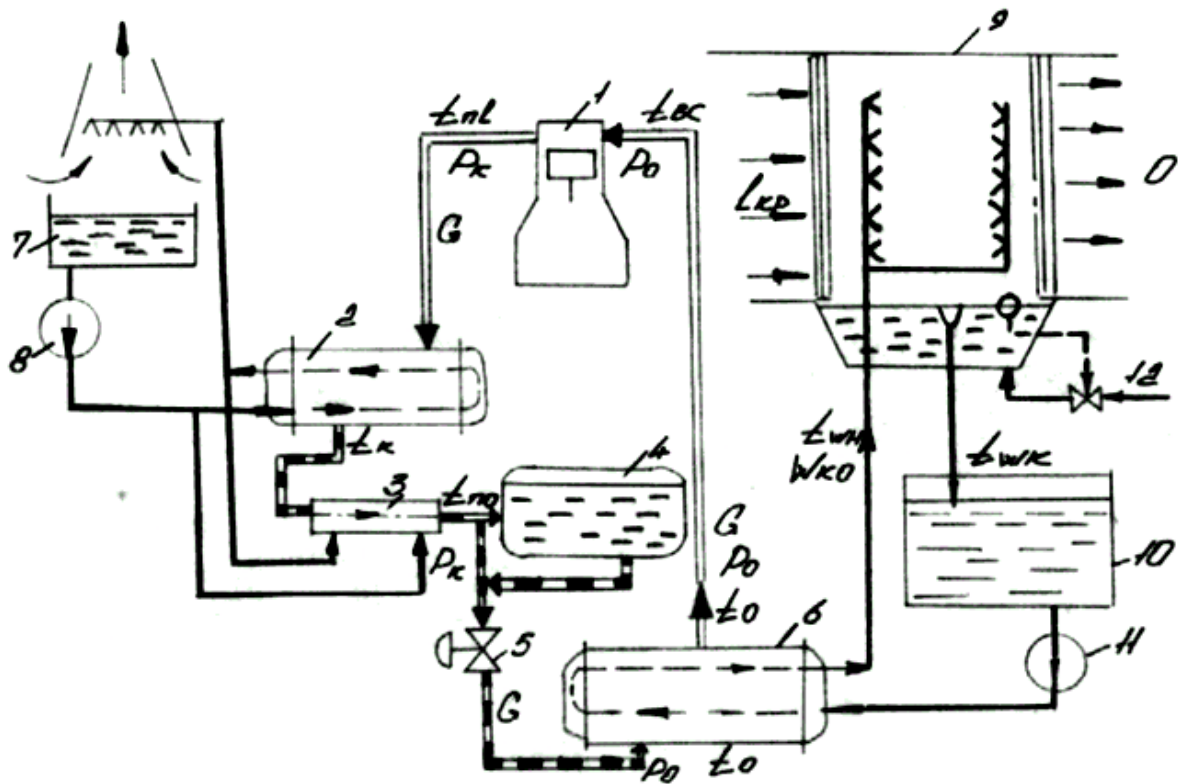
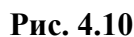


Рис4.9

1– поршневой компрессор ПКХМ; 2– конденсатор; 3– переохладитель; 4– ресивер жидкого хладагента; 5– регулирующий вентиль; 6– испаритель; 7– градирня для охлаждения воды; 8– циркуляционный насос системы; 9– камера орошения ЦК; 10– сборный бак; 11– циркуляционный насос системы охлаждения КО; 12– добавок воды из водопровода.



Последовательность построения цикла следующая:

- проводят прямые постоянных давлений p_k и p_o и определяют положение точек 1',3 и 4 на пересечении прямых p_k и p_o с пограничными кривыми $x=0$ и $x=1,0$;
- проводят изотерму $t = t_{вс}$ и на пересечении прямой p_o и изотермы $t_{вс}$ находят точку 1 - начало всасывания в компрессор;
- строят процесс сжатия в компрессор 1-2 от p_o до p_k для чего проводят адиабату $S_1 = \text{const}$ и на пересечении с прямой p_k находят точку 2, конечную точку процесса 1-2 адиабатного сжатия в компрессоре;
- рассчитывают действительный (политропный) процесс сжатия в компрессоре 1-2', определяя

где: η_i – внутренняя относительная КПД компрессора, учитывающий необратимые внутренние потери в действительном процессе сжатия и равный

где: T_θ и T_K соответствующие температуры по шкале Кельвина, (К).

На пересечении изолиний параметров i_2' и p_k находят конечную точку $2'$;

- строят процесс переохлаждения жидкого холодильного агента после конденсатора 4-5 при p_K = const от t_K до t_{no} на пересечении изолиний параметров t_{no} и p_K находят конечную точку процесса - 5;
- строят процесс дросселирования жидкого холодильного агента 5-6 в регулирующем вентиле с понижением давления от p_K до p_o при постоянном теплосодержании $i_5 = i_6 = \text{const}$, и на пересечении изолиний параметров i_5 и p_o находят конечную точку процесса – 6;
- строят процесс испарения жидкого холодильного агента в испарителе 6-1' при $p = \text{const}$ и в точке 1' замыкают построение цикла ПХКМ.

После построения цикла определяют все основные параметры состояния (P, t, V, i, S, x) во всех точках цикла (1', 1, 2', 2, 3, 4, 5, 6) и результаты заносят в таблицу.

4.9.4. Определяют удельные характеристики построенного цикла:

$q_o = i_{1'} - i_6$ - удельную холодопроизводительность в цикле, кДж/кг;

$q_k = i_{2'} - i_4$ - удельную тепловую нагрузку конденсатора, кДж/кг;

$q_{no} = i_4 - i_5$ - удельную тепловую нагрузку переохладителя, кДж/кг;

$l'_k = i_{2'} - i_{1'}$ - удельную работу компрессора в действительном процессе сжатия, кДж/кг;

$q_v = \frac{q_o}{V_1}$ - удельную объемную холодопроизводительность в цикле, кДж/кг;

Определяют полные характеристики рассчитываемого ПХКМ:

Q_o - полную тепловую нагрузку испарителя, кВт;

$G = \frac{Q_o}{q_o}$ - полный расход холодильного агента в контуре ПХКМ, кг/с;

$Q_k = G \cdot q_k$ - полную тепловую нагрузку конденсатора, кВт;

$Q_{no} = G \cdot q_{no}$ - полная тепловая нагрузка переохладителя, кВт;

$N_i = G \cdot l'_k$ - полная внутренняя мощность компрессора, с учетом всех внутренних потерь, кВт;

$V_o = G \cdot V_1' = \frac{Q_o}{q_v}$ - полную фактическую объемную производительность компрессора, м³/с;

$\varepsilon = \frac{Q_o}{N_i}$ - холодильный коэффициент для данного цикла ПХКМ, кВт/кВт.

4.9.5. Расчет и выбор компрессоров для ПХКМ производится по величине его требуемой теоретической производительности, которая равна объему, описанному поршнем компрессора, и зависит только от конструктивных характеристик

$$V_n = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot n}{4} \times \frac{n}{60} \cdot Z, \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.57)$$

где: D_n – диаметр поршня компрессора, м;

n – число оборотов вала компрессора, об/мин;

Z – число параллельных цилиндров компрессора.

Требуемое значение V_n определяется по данным расчета цикла ПХКМ с учетом требуемой фактической объемной производительности компрессора V_o и объемных потерь

$$V_n = \frac{V_o}{\lambda}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.58)$$

где: λ – коэффициент подачи компрессора, учитывающий все виды объемных потерь, определяемый по справочным характеристикам компрессора или

рассчитываемый по уравнению

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda_q \cdot \lambda_{nl} \cdot \lambda_{op}, \quad (4.59)$$

где: λ_c – объемный коэффициент всасывания, учитывающий влияние вредного пространства в цилиндре компрессора, определяемый из уравнения

$$\lambda_c = 1 - c \times \left[\left(\frac{P_k}{P_o} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right], \quad (4.60)$$

где: c – коэффициент вредного пространства (доля объема цилиндра, занимаемая вредным пространством), определяемый по конструктивным характеристикам компрессора. Приблизительно можно принимать $c = 0,03 \div 0,05$ для компрессоров малой мощности (до 12 кВт) и $c = 0,01 \div 0,02$ для компрессоров большой мощности (свыше 90 кВт);

m – показатель политропы расширения газа в цилиндре компрессора, принимаемый $m = 1,05 \div 1,1$.

$\lambda_q = \frac{T_o}{T_k}$ – коэффициент перегрева, учитывающий объемные потери, связанные с теплообменом от нагретых стенок цилиндра при всасывании;

λ_{dp} – коэффициент дросселирования, учитывающий объемные потери при всасывании за счет снижения давления в цилиндре вследствие гидравлического сопротивления всасывающего клапана, принимаемый $\lambda_{dp} = 0,93 \div 0,97$, при $p_o = 1,0 \div 5,0$ бар соответственно;

λ_{nl} – коэффициент плотности, учитывающий потери от перетекания через зазоры в цилиндре и клапанах, принимаемый $\lambda_{nl} = 0,96 \div 0,98$, при $p_k/p_o = 6 \div 2$, причем λ_{nl} увеличивается с уменьшением степени сжатия.

По найденному значению величины V_n в каталогах подбирают ближайший компрессор специального типа для холодильных машин типа ФВ, либо агрегатированную холодильную машину (холодильную станцию), состоящую из компрессорно-конденсатного и испарительно-регулирующего агрегатов, типа ХМ-ФВ-20, ХМ-ФУ-40, ХМ-ФУУ-80, ФУ-175 и др.

4.9.6. Расчет и подбор компрессора или холодильной машины может также осуществляться по величине требуемой стандартной холодопроизводительности, определяемой из условия постоянства величин объема описанного поршнем компрессора при всех режимах работы:

$$V_n = \frac{V_o}{\lambda} = \frac{Q_o^p}{q_v^p \cdot \lambda^p} = \frac{Q_o^{cm}}{q_v^{cm} \cdot \lambda_{cm}}, \text{ откуда}$$

$$Q_o^{cm} = Q_o^p \cdot \frac{q_v^p \cdot \lambda^p}{q_v^{cm} \cdot \lambda_{cm}}, \text{ ст.кВт} \quad (4.61)$$

где: Q_o^p , q_v^p , λ^p – холодопроизводительность, удельная объемная холодопроизводительность и коэффициент подачи при рабочих условиях, определяемые рабочим циклом ПХКМ, как указано выше;

q_v^{cm} , λ^{cm} – удельная объемная холодопроизводительность и коэффициент подачи при стандартных условиях, определяемые по справочным данным или по расчетам, аналогичным приведенным выше.

В справочниках и каталогах холодопроизводительность компрессоров и холодильных машин приведена в стандартных киловаттах (ст.кВт) при следующих стандартных условиях:

- для холодильной установки общего типа $t_o = -15^\circ\text{C}$; $t_{\text{вс}} = -10^\circ\text{C}$; $t_k = +30^\circ\text{C}$; $t_{no} = +25^\circ\text{C}$;
- для холодильной установки в системах ЦК $t_o = +5^\circ\text{C}$; $t_{\text{вс}} = +15^\circ\text{C}$; $t_k = +30^\circ\text{C}$; $t_{no} = +25^\circ\text{C}$;

По величине, рассчитанной требуемой стандартной холодопроизводительности Q_o^{cm} по справочникам и каталогам подбираются не менее двух компрессоров или холодильных машин с близкой суммарной стандартной (паспортной) холодопроизводительности.

4.9.7. Расчет и выбор теплообменного оборудования ПКХМ производится по величине требуемой поверхности теплообмена испарителя, конденсатора и переохладителя, определяемой из общего уравнения теплопередачи:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}},$$

в котором величина общей тепловой нагрузки для данного вида теплообменного оборудования (Q_o, Q_k, Q_{no}) и среднего температурного напора ($\Delta t_{cp}^{исп}$, $\Delta t_{cp}^{конд}$, $\Delta t_{cp}^{но}$) определяются по данным расчета цикла ПКХМ, приведенным выше.

Коэффициент теплопередачи K для каждого типа теплообменного оборудования принимается по данным /12, 13, 14/ в следующих пределах:

- для кожухотрубных испарителей (типа ИГГ, ИКГ, ИГР), при охлаждении воды из КО величина $K_{исп} = 600 \div 900 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$, при изменении $\Delta t_{cp} = 3 \div 6$ и $t_o \geq 0^\circ\text{C}$;
- для панельных испарителей (типа ИП) – $K_{исп} = 460 \div 580 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$, при изменении $\Delta t_{cp} = 3 \div 6$ и $t_o \geq 0^\circ\text{C}$;
- для кожухотрубных конденсаторов (типа КТГ) – $K_{конд} = 350 \div 530 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;
- для водяных противоточных переохладителей (в случае отсутствия переохлаждения в конденсаторе) – $K_{но} = 450 \div 700 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;

По найденной из расчета требуемой поверхности теплообмена из каталогов и справочников подбирается соответствующий тип испарителя, конденсатора и переохладителя. При использовании агрегатизированной холодильной машины проверяется соответствие паспортных данных, входящих в ее состав испарителей и конденсаторов данным настоящего расчета.

При выполнении вариантных расчетов по приведенным выше формулам во всех разделах настоящих методических указаний для сокращения объема вычислительной работы следует производить вычисления в дисплейном классе кафедры "Т, ТГС и В" на базе ЭВМ ЕС-1046 УВЦ СГТУ, с использованием пакета стандартных прикладных научных программ "ПРО.309.008 ДЗ", а также специализированной программы обработки многофакторных зависимостей, разработанной на кафедре "Т, ТГС и В", "LRSVDD" в библиотеке "V.ALL.LDAD" на диске "ALLYOL" УВЦ СГТУ.

5. Литература

1. Богославский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В., Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. М.: Стройиздат, 2015.
2. Нестеренко А.В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: Высшая школа, 2016.
3. Справочник проектировщика Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха /под ред. И.Г. Старовойтова./ М.: Стройиздат, 2015.
4. Голубков Б.Н., Пяточкин Б.И., Романова Т.М. Кондиционирование воздуха, отопление и вентиляция. М.: Энергоиздат, 2014.
5. Малыгина Е.В., Малыгин Ю.В. Холодильные машины и установки. М.: Пищевая промышленность, 2015.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к **САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ**

для студентов, обучающихся по направлению подготовки
08.03.01 – Строительство
Профиль – «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Содержание

Введение

1. Самостоятельная работа как важнейшая форма учебного процесса
2. Цели и основные задачи самостоятельной работы
3. Виды самостоятельной работы
4. Организация самостоятельной работы
5. Общие рекомендации по организации самостоятельной работы
6. Методические рекомендации для студентов по отдельным формам самостоятельной работы
7. Критерии оценки самостоятельной работы

Введение

Основная задача высшего образования заключается в формировании творческой личности профессионала, способного к саморазвитию, самообразованию и инновационной деятельности.

Успешное усвоение дисциплин по различным образовательным программам предполагает активное, творческое участие обучающегося на всех этапах ее освоения путем планомерной, повседневной не только аудиторной, но и самостоятельной работы.

Самостоятельная работа студентов является одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Самостоятельная работа – это процесс активного, целенаправленного приобретения обучающимися новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Объем самостоятельной работы (в часах) определен учебным планом.

Методические указания по организации самостоятельной работы студентов (далее – СРС) являются обязательной частью учебно-методических комплексов учебных дисциплин, реализуемых на кафедре теплогазоснабжения и экспертизы недвижимости по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, направленность (профиль) Теплогазоснабжение и вентиляция.

Методические указания по организации самостоятельной работы для студентов, наряду с методическими указаниями по выполнению лабораторных работ, практических занятий и работе с лекционным материалом; по формам текущего, промежуточного и итогового контроля; по выполнению курсовых работ/проектов, расчетно-графических работ, контрольных работ; по подготовке и защите выпускных квалификационных работ, составляют единый комплекс методического обеспечения УМК каждой учебной дисциплины.

Цель методических указаний СРС – определить роль и место самостоятельной работы студентов в учебном процессе; конкретизировать ее уровни, формы и виды; обобщить методы и приемы выполнения определенных типов учебных заданий; объяснить критерии оценивания.

1. Самостоятельная работа как важнейшая форма учебного процесса

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой обучающихся).

Самостоятельная работа обучающихся является важным видом учебной и научной деятельности. В связи с этим, обучение включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРО должна стать эффективной и целенаправленной работой.

Концепцией модернизации российского образования определены основные задачи высшего образования – «подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности».

Решение этих задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы обучающихся над учебным материалом, усиления ответственности преподавателей за развитие навыков самостоятельной работы, за стимулирование профессионального роста обучающихся, воспитание творческой активности и инициативы.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации.

Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие обучающихся в практических занятиях, лабораторных работах, выполнение контрольных и расчетно-графических работ, написание курсовых работ (проектов) и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа обучающихся играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. Они включают в себя:

- изучение и систематизацию официальных государственных документов - законов, постановлений, указов, нормативно-инструкционных и справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем «Консультант-плюс», «Гарант», глобальной сети «Интернет»;
- изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной, статистической, периодической и научной информации;
- подготовку докладов и рефератов, написание выпускных квалификационных работ;
- участие в работе студенческих конференций, комплексных научных исследованиях.

Самостоятельная работа приобщает студентов к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.

2. Цели и основные задачи самостоятельной работы

Ведущая цель организации и осуществления СРМ должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой бакалавра. При организации СРМ важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для деятельности.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности обучающихся, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

Основными задачами СРМ являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений магистров;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к промежуточной аттестации - зачетам и экзаменам.

3. Виды самостоятельной работы

Самостоятельная работа магистрантов включает:

- самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы;
- подготовка к лекциям;
- подготовка к практическим занятиям;

- подготовка к лабораторным работам;
- написание рефератов;
- выполнение контрольной работы;
- выполнение курсовой работы (проекта);
- выполнение расчетно-графической работы;
- подготовка исследовательской работы (написание статьи, доклада);
- подготовка выпускной квалификационной работы;
- подготовка к текущей и промежуточной аттестации;
- подготовка к государственной итоговой аттестации.

Для выполнения самостоятельной работы студентам необходимо ознакомиться с содержанием рабочей программы дисциплины, с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине, с графиком консультаций преподавателей кафедры, с перечнем ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

4. Организация самостоятельной работы

Самостоятельная работа студента – способ активного, целенаправленного приобретения новых знаний и умений без непосредственного участия в этом процессе преподавателей.

Организационные мероприятия, обеспечивающие развитие навыков самостоятельной работы студентов, воспитание их творческой активности и инициативы, а также, в целом, обеспечивающие нормальное функционирование самостоятельной работы студентов, должны основываться на следующих предпосылках:

- самостоятельная работа должна быть конкретной по своей предметной направленности;
- самостоятельная работа должна сопровождаться эффективным, непрерывным контролем и оценкой ее результатов.

Предметно и содержательно самостоятельная работа определяется федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата), основной образовательной программой, учебным планом, рабочими программами дисциплин.

Контроль самостоятельной работы и оценка ее результатов организуются как единство двух форм:

- самоконтроль и самооценка;
- внешний контроль и оценка со стороны преподавателей, государственных экзаменационных комиссий и др.

5. Общие рекомендации по организации самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы магистрантов направлена на решение следующих задач:

- а) закрепление, обобщение и повторение пройденного учебного материала; применение полученных знаний в традиционных педагогических ситуациях и при решении задач высокого уровня неопределенности;
- б) совершенствование умений и навыков по изучаемой дисциплине; формирование межпредметных, общеучебных, исследовательских умений;
- в) активизация учебной и научно-исследовательской деятельности обучающихся, ее максимальная индивидуализация с учетом индивидуальных особенностей и академической успеваемости студентов;
- г) формирование готовности студентов к самообразованию в течение всей жизни.

Видами занятий для самостоятельной работы могут быть:

Для овладения знаниями:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, конспектов лекций);

- составление плана текста, графическое изображение структуры текста;
- конспектирование текста; выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами;
- учебно-исследовательская работа, использование аудио и видеозаписей, компьютерной техники, интернета и др.

Для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций, повторная работа над материалом;
- составление плана и тезисов ответа;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- ответы на контрольные вопросы;
- аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, контент-анализ);
- подготовка сообщения для выступления на конференции;
- подготовка рефератов, докладов;
- составление библиографии.

Для формирования умений:

- выполнение контрольных работ;
- выполнение чертежей, схем, расчетно-графических работ;
- проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности.
- подготовка курсовых и дипломных работ (проектов);

Для формирования компетенций:

- принятие решений по конкретной ситуации;
- грамотная формулировка задания для исполнения;
- организация контроля по сферам деятельности.

6. Методические рекомендации для студентов по отдельным формам самостоятельной работы

Система вузовского обучения подразумевает значительную самостоятельность студентов в планировании и организации своей деятельности.

6.1 Самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы

Работа с литературой является основным методом самостоятельного овладения знаниями. Это сложный процесс, требующий выработки определенных навыков, поэтому студенту нужно обязательно научиться работать с книгой.

Осмысление литературы требует системного подхода к освоению материала. В работе с литературой системный подход предусматривает не только тщательное (иногда многократное) чтение текста и изучение специальной литературы, но и обращение к дополнительным источникам – справочникам, энциклопедиям, словарям. Эти источники – важное подспорье в самостоятельной работе студента, поскольку глубокое изучение именно их материалов позволит студенту уверенно «распознавать», а затем самостоятельно оперировать теоретическими категориями и понятиями, следовательно – освоить новейшую научную терминологию. Такого рода работа с литературой обеспечивает решение студентом поставленной перед ним задачи (подготовка к практическому занятию, выполнение контрольной работы и т.д.).

Выбор литературы для изучения делается обычно по предварительному списку литературы, который выдал преподаватель, либо путем самостоятельного отбора материалов. После этого непосредственно начинается изучение материала, изложенного в книге.

Наиболее надежный способ собрать нужный материал – составить план или конспект. *Конспект, план-конспект* – это последовательная фиксация отобранной и обдуманной в процессе чтения информации.

Цель – зафиксировать, переработать тот или иной научный текст. Они позволяют восстановить в памяти ранее прочитанное без дополнительного обращения к самой книге.

План – это «скелет» текста, он компактно отражает последовательность изложения материала. План как форма записи обычно более подробно передает содержание частей текста,

чем оглавление книги или подзаголовки статей. Самые важные места в книге отмечайте, используя для этого легко стирающийся карандаш или вкладные листки. Запись любых планов следует делать так, чтобы ее легко можно было охватить одним взглядом.

Вся рекомендуемая для изучения курса литература подразделяется на основную и дополнительную. К основной литературе относятся источники, необходимые для полного и твердого усвоения учебного материала (учебники и учебные пособия). Необходимость изучения дополнительной литературы диктуется прежде всего тем, что в учебной литературе (учебниках) зачастую остаются неосвещенными современные проблемы, а также не находят отражение новые документы, события, явления, научные открытия последних лет. Поэтому дополнительная литература рекомендуется для более углубленного изучения программного материала.

6.2 Подготовка к лекциям и работа с конспектом лекций

При подготовке к лекции студенты должны предварительно ознакомиться с учебным материалом по данной теме и при конспектировании лекции акцентировать внимание на новых теоретических положениях, правовых и иных данных, не нашедших отражения в учебной литературе.

Лекция имеет цель – систематизация основы научных знаний по дисциплине, сконцентрировать внимание обучающихся на наиболее актуальных проблемах.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы. Дает рекомендации на практические занятия и указания на самостоятельную работу.

Предварительное не углубленное знакомство с материалом очередной лекции дает многое. Студенты получают общее представление о ее содержании и структуре, о главных и второстепенных вопросах, о терминах и определениях. Все это облегчает работу на лекции и делает ее целеустремленной.

Основные моменты лекционных занятий конспектируются. Отдельные темы предлагаются для самостоятельного изучения с обязательным составлением конспекта.

Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим обучающимся.

Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях.

Самостоятельную работу следует начинать с доработки конспекта, желательно в тот же день, пока время не стерло содержание лекции из памяти. С целью доработки необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить опiski, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения, возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополнения и исправляя свои записи. Записи должны быть наглядными, для чего следует применять различные способы выделений. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект.

Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

6.3 Подготовка к практическим занятиям

Целью практических занятий является получение базовых навыков по применению теоретических знаний. Это необходимо при решении всевозможных задач на различных этапах практической деятельности.

Задачи подготовки и проведения практических занятий:

- закрепление и углубление знаний;
- создание практических навыков и умений в практической деятельности и повседневной жизни для: поиска, первичного анализа и использования информации;
- анализа конкретных ситуаций и условий их реализации;
- изложения и аргументации собственных суждений по практической ситуации;

- развитие стремления и способности к самостоятельному исследованию изучаемых реальностей, их критической оценки.

Подготовка к практическим занятиям включает: изучение нормативных актов, учебной литературы, лекционного материала; подготовка рефератов.

Практические занятия по дисциплине проводятся в форме различных дискуссий (семинарских занятий) и (или) анализа конкретных ситуаций (выполнение практических заданий).

6.4 Подготовка к лабораторным работам

Лабораторные работы составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки магистрантов. Они направлены на формирование учебных и профессиональных практических умений.

На лабораторных занятиях задания выполняются по материалам согласно плану.

До начала лабораторных занятий обучающиеся должны пройти инструктаж по технике безопасности.

Перед выполнением лабораторной работы обучающийся должен изучить теоретический материал по теме лабораторной работы по основной и дополнительной литературе, ознакомиться с ресурсами информационно - телекоммуникационной сети «Интернет». При этом обучающийся должен учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы.

В ходе подготовки к лабораторным занятиям необходимо ознакомиться с методическими указаниями; с порядком ее выполнения; освоить основные понятия; изучить алгоритмы; методы и технологии, необходимые для реализации этих алгоритмов; ответить на контрольные вопросы.

После выполнения работы производится обработка полученных результатов, составляется и защищается отчет. Без защиты отчета студент, как правило, не допускается к очередной работе.

6.5 Написание рефератов

Реферат представляет собой краткое изложение в письменной форме содержания научного труда по определенной теме, возможно выходящего за рамки учебной программы, а также изложение книги, статьи, исследования. Иными словами, реферат – это индивидуальная научная работа, раскрывающая содержание исследуемой проблемы с различных позиций и точек зрения, с формированием самостоятельных выводов.

Целью написания реферата является сообщение определенной информации для развития навыков научно-исследовательской работы.

В процессе подготовки реферата, обучающиеся, глубже постигают вопросы изучаемого предмета, поскольку:

- анализируются различные точки зрения, факты и события;
- ведется научно обоснованная полемика;
- обобщается материал;
- лаконично излагаются мысли;
- правильно оформляется работа с составлением плана, библиографии и систематизацией информации.

Подготовка реферата включает в себя:

- выбор и формулирование темы, которая должна обладать новизной, актуальностью и оригинальностью;
- подбор литературы и изучение основных источников;
- составление содержания, раскрывающего название работы;
- выписки из литературных источников с целью накопления теоретического и практического материала;
- написание реферата и его оформление;
- составление списка использованной литературы.

6.6 Выполнение контрольной работы

Контрольная работа является одной из составляющих учебной деятельности студента по овладению знаниями в области теплогазоснабжения и вентиляции. К ее выполнению необходимо приступить только после изучения тем дисциплины.

Целью контрольной работы является определения качества усвоения лекционного материала и части дисциплины, предназначенной для самостоятельного изучения.

Задачи, стоящие перед студентом при подготовке и написании контрольной работы:

1. закрепление полученных ранее теоретических знаний;
2. выработка навыков самостоятельной работы;
3. выяснение подготовленности студента к будущей практической работе.

Преподаватель готовит задания либо по вариантам, либо индивидуально для каждого студента. По содержанию работа может включать теоретический материал, задачи, тесты, расчеты и т.п. выполнению контрольной работы предшествует инструктаж преподавателя.

Ключевым требованием при подготовке контрольной работы выступает творческий подход, умение обрабатывать и анализировать информацию, делать самостоятельные выводы, обосновывать целесообразность и эффективность предлагаемых рекомендаций и решений проблем, четко и логично излагать свои мысли. Подготовка контрольной работы следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций.

6.7 Выполнение курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) - это самостоятельное исследование обучающимся определенной проблемы, комплекса взаимосвязанных вопросов, касающихся конкретной профессиональной ситуации.

Курсовая работа (проект) не должна состояться из фрагментов статей, монографий, пособий. Кроме простого изложения фактов и цитат, в курсовой работе (проекте) должно проявляться авторское видение проблемы и ее решения.

Рассмотрим основные этапы подготовки курсовой работы (проекта).

Выполнение курсовой работы (проекта) начинается с выбора темы.

Затем студент приходит на первую консультацию к руководителю, которая предусматривает:

- обсуждение цели и задач работы, основных моментов избранной темы;
- консультирование по вопросам подбора литературы;
- составление предварительного плана;
- составление графика выполнения курсовой работы (проекта).

Следующим этапом является работа с литературой. Необходимая литература подбирается студентом самостоятельно.

После подбора литературы целесообразно сделать рабочий вариант плана работы. В нем нужно выделить основные вопросы темы и параграфы, раскрывающие их содержание.

Составленный список литературы и предварительный вариант плана уточняются, согласуются на очередной консультации с руководителем.

Затем начинается следующий этап работы - изучение литературы. Только внимательно читая и конспектируя литературу, можно разобраться в основных вопросах темы и подготовиться к самостоятельному (авторскому) изложению содержания курсовой работы (проекта). Конспектируя первоисточники, необходимо отразить основную идею автора и его позицию по исследуемому вопросу, выявить проблемы и наметить задачи для дальнейшего изучения данных проблем.

Систематизация и анализ изученной литературы по проблеме исследования позволяют написать первую (теоретическую) главу.

Выполнение курсовой работы (проекта) предполагает проведение определенного исследования. На основе разработанного плана обучающийся осуществляет сбор фактического материала, необходимых цифровых данных. Затем полученные результаты подвергаются анализу, статистической, математической обработке и представляются в виде текстового описания, таблиц, графиков, диаграмм. Программа исследования и анализ полученных результатов составляют содержание второй (аналитической) главы.

В третьей (рекомендательной) части должны быть отражены мероприятия, рекомендации по рассматриваемым проблемам.

Рабочий вариант текста курсовой работы (проекта) предоставляется руководителю на проверку. На основе рабочего варианта текста руководитель вместе со студентом обсуждает возможности доработки текста, его оформление. После доработки курсовая работа (проект) сдается на кафедру для ее оценивания руководителем.

Защита курсовой работы (проекта) обучающихся проходит в сроки, установленные графиком учебного процесса.

При подготовке к защите курсовой работы (проекта) обучающийся должен знать основные положения работы, выявленные проблемы и мероприятия по их устранению, перспективы развития рассматриваемой экономической ситуации.

Защита курсовой работы (проекта) проводится на кафедре при наличии у обучающегося курсовой работы (проекта). Оценка - дифференцирована. Преподаватель оценивает защиту курсовой работы (проекта) и заполняет графу "оценка" в ведомости и в зачетной книжке.

Не допускаются к защите варианты курсовых работ (проектов), найденные в Интернет, сканированные варианты учебников и учебных пособий, а также копии ранее написанных работ.

6.8 Выполнение расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа является важным элементом учебного процесса, предусмотрена учебным планом.

Цель расчетно-графической работы – систематизация и закрепление теоретических знаний, и развитие практических навыков по решению задач в области теплогазоснабжения и вентиляции, выработка навыков анализа данных и формулирования выводов по полученным результатам.

Задачами расчетно-графической работы являются:

- развитие навыков самостоятельной работы в области решения практических задач;
- подбор и систематизация теоретического материала, являющегося основой для решения практической задачи, развитие навыков самостоятельной работы с учебной и методической литературой;
- проведение расчетов показателей по исходным данным и анализ полученных значений;
- формулирование выводов по полученным результатам.

Выполнение расчетно-графической работы проводится студентом по конкретному варианту задания, который необходимо уточнить у преподавателя.

Содержанием расчетно-графической работы является краткое изложение теоретического материала к каждой задаче, решение задачи по индивидуальному варианту, включающее в себя расчет основных показателей, анализ полученных результатов, формулирование выводов.

Расчетно-графическая работа должна содержать:

1. Титульный лист.
2. Условие задачи.
3. Теоретическая часть по каждой задаче (1-3 страницы).
4. Практическая часть и выводы по каждой задаче.
5. Библиографический список (не менее 5 источников).

Условие задачи оформляется по центру заголовком «Задача №».

Текст условия задачи должен совпадать с текстом в методических указаниях, включая таблицы, при их наличии.

Далее излагается теоретический материал, лежащий в основе решения задачи, включающий в себя основные определения, формулы расчетов показателей и др.

В практической части излагается подробное решение задачи. При необходимости результаты оформляются в виде сводной таблицы.

К каждой задаче необходимо сформулировать выводы, проанализировав полученные результаты.

Расчетно-графическая работа должна выполняться в соответствии с установленным графиком. В процессе выполнения расчетно-графической работы допускаются консультации у преподавателя на практических занятиях.

Выполнение основных этапов контролируется преподавателем и учитывается при проведении текущего контроля по дисциплине и при оценке расчетно-графической работы.

6.9 Подготовка исследовательской работы (написание статьи, научного доклада)

Научный доклад представляет собой исследование по конкретной проблеме, изложенное перед аудиторией слушателей. Работа по подготовке научного доклада включает не только знакомство с литературой по избранной тематике, но и самостоятельное изучение определенных вопросов.

Научный доклад может быть подготовлен для выступления на семинарском занятии, конференции научного общества, или в рамках круглого стола. В любом случае успешное выступление во многом зависит от правильной организации самого процесса подготовки научного доклада.

Подготовка научного доклада включает несколько этапов работы:

- выбор темы доклада;
- подготовка материалов;
- работа над текстом доклада;
- подготовка к выступлению.

Подготовка к научному докладу начинается с выбора темы Вашего будущего выступления.

Не следует выбирать слишком широкую тему научного доклада. Это связано с ограниченностью докладчика во времени. Доклад должен быть рассчитан на 7-15 минут.

Работа по подбору материалов для доклада связана с изучением соответствующей тематике литературы.

В процессе работы над текстом доклада обучающиеся глубже постигают вопросы изучаемого предмета, поскольку:

- анализируются различные точки зрения, факты и события; ведется научно обоснованная полемика;
- обобщается материал; лаконично излагаются мысли;
- правильно оформляется работа с составлением плана, библиографии и систематизацией информации.

Текст научного доклада должен включать три основные части:

- введение – краткое знакомство слушателей с обсуждаемой в докладе проблемой;
- основную часть – логическое продолжение вопросов, обозначенных автором во введении.

В этой части доклада раскрывается тема выступления, приводятся необходимые доказательства (аргументы);

- заключение – обобщение основной мысли и идеи выступления. В заключении можно кратко повторить основные выводы и утверждения, прозвучавшие в основной части доклада.

Научный доклад представляет собой устное произведение и чтение вслух подготовленного текста недопустимо.

К секретам хорошего выступления можно отнести следующие моменты:

- до и после важных мыслей следует делать паузу;
- для большего акцента сказанного необходимо менять тон голоса и тембр речи. Это сделает Вашу речь более выразительной;
- необходимо иметь контакт с аудиторией.

6.10 Подготовка выпускной квалификационной работы

ВКР представляет собой самостоятельное логически завершённое исследование, связанное с решением научной или научно-практической задачи. При его выполнении студент должен показать способности и умения, опираясь на полученные знания, решать на современном уровне задачи профессиональной деятельности, грамотно излагать специальную информацию, докладывать и отстаивать свою точку зрения перед аудиторией.

Цель защиты ВКР – установление уровня подготовленности выпускника к выполнению профессиональных задач в соответствии с требованиями ФГОС ВО к квалификационной характеристике и уровню подготовки выпускника по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата), направленность (профиль) Теплогазоснабжение и вентиляция.

Студенту предоставляется право самостоятельного выбора темы ВКР. Для подготовки ВКР назначается научный руководитель и, при необходимости, консультанты.

ВКР состоит из текста (рукописи) и графических материалов, отражающих решение профессиональных задач в соответствии с избранной тематикой. Структура ВКР включает:

- титульный лист;
- задание, включая календарный план;
- содержание;
- введение;

- основной текст;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Руководитель выпускной работы выдает задание; оказывает помощь в организации и выполнении работы; проводит систематические консультации обучающегося; проверяет выполнение работы; дает письменный отзыв о работе.

Представление иллюстративного материала к публичной защите возможно в виде:

- плакатов и чертежей;
- раздаточного материала с иллюстрациями; с использованием:
- проекционной техники;
- компьютерной презентации.

Конкретные требования к содержанию, структуре, формам представления и объемам устанавливаются в соответствующих Положениях о выпускных квалификационных работах и методических указаниях по их подготовке и оформлению.

6.11 Подготовка к текущей и промежуточной аттестации

Система контроля включает в себя текущий и промежуточный контроль. Текущий контроль должен быть непрерывным. Формы текущего контроля устанавливаются по усмотрению преподавателя. Промежуточный контроль – это итог работы студента за семестр с учетом всех видов учебной работы.

Текущий контроль. Текущий контроль успеваемости обучающихся – это систематическая проверка учебных достижений обучающихся, проводимая в целях оценивания хода освоения дисциплин в соответствии с рабочей программой.

Текущий контроль успеваемости студентов очной формы обучения проводится по всем дисциплинам учебного плана в течение семестра:

- на лабораторных, семинарских, практических занятиях, по которым рабочими программами дисциплин предусмотрены отчетности;
- по всем формам самостоятельной работы студентов в заранее установленное время.

Текущий контроль успеваемости студентов осуществляется преподавателями кафедр, за которыми закреплены дисциплины учебного плана, и может проводиться в следующих формах:

- собеседование,
- контрольная работа,
- защита лабораторной работы,
- реферата,
- расчетно-графическая работа, и др.

Виды и сроки проведения текущего контроля успеваемости студентов устанавливаются рабочей программой дисциплины.

Текущий контроль успеваемости является элементом внутривузовской системы контроля качества подготовки обучающихся и способствует активизации познавательной деятельности студентов в ходе аудиторных занятий, при выполнении программ самостоятельной и индивидуальной работы.

Текущий контроль успеваемости должен учитывать выполнение обучающимися всех видов учебных занятий, предусмотренных учебным планом и рабочей программой дисциплины, самостоятельную, исследовательскую работу и посещаемость учебных занятий.

Анализ результатов текущего контроля студентов, обучающихся на основе рейтинговой оценки знаний, проводится 2 раза в семестр:

- в первом полугодии - на 1 ноября, на 10 декабря;
- во втором полугодии - на 1 апреля, на 20 мая.

Анализ результатов текущего контроля студентов, не участвующих в рейтинговой системе оценки знаний, проводится в институтах: к указанным выше датам итоги текущего контроля и количество пропущенных занятий (в часах) преподаватели, ведущие занятия, проставляют в листы текущего контроля успеваемости, которые анализируются и хранятся в институтах.

Промежуточная аттестация. Промежуточная аттестация призвана оценить уровень сформированности компетенций, полученных студентами в процессе изучения дисциплины, курсового проектирования и обеспечить контроль качества освоения образовательных программ.

Промежуточная аттестация проводится по завершении изучения какой - либо дисциплины.

Формами промежуточной аттестации являются зачет и экзамен.

При явке на промежуточную аттестацию обучающийся обязан предъявить зачетную книжку. Фамилия обучающегося должна значиться в зачетно-экзаменационной ведомости.

Зачеты студентам по изучаемым дисциплинам выставляются преподавателем, проводившим практические, семинарские или лабораторные занятия группы (подгруппы), на последнем занятии по результатам работы в семестре. Для студентов, обучающихся на основе рейтинговой системы оценки знаний, зачет выставляется автоматически при условии сдачи всех контрольных мероприятий, предусмотренных текущим контролем успеваемости.

6.12 Подготовка к государственной итоговой аттестации

В соответствии с образовательным стандартом по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата) и образовательной программой по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, в состав государственной итоговой аттестации входят:

- государственный экзамен;
- защита выпускной квалификационной работы.

Подготовка к государственному экзамену

Цель государственного экзамена – оценить глубину полученных знаний, практические навыки применения этих знаний при решении профессиональных задач (компетентность).

В связи с необходимостью объективной оценки степени сформированности компетенций выпускника, тематика экзаменационных вопросов и заданий должна быть комплексной и соответствовать избранным разделам из различных учебных дисциплин, формирующих конкретные компетенции.

Например, в экзаменационное задание (вопрос) могут входить элементы нескольких дисциплин (модулей) общенаучного, и профессионального циклов.

На государственном экзамене могут контролироваться как отдельные компетенции, так и элементы различных компетенций.

Государственный экзамен может проводиться в письменной, устной и смешанной форме. Экзаменационные билеты включают несколько вопросов из представленного перечня дисциплин. Один из вопросов рекомендуется делать комплексным, ситуационным или представляющим задание практического характера. Перед итоговым экзаменом предполагается предэкзаменационная консультация и выделение времени на подготовку к экзамену не менее 7 дней. Для подготовки студентов к государственному экзамену разрабатывается программа, где должна быть отражена процедура подготовки и проведения государственного экзамена, критерии оценки.

В содержание программы включается перечень вопросов и заданий, выносимых на экзамен, и позволяющих оценить результаты обучения.

Подготовка к защите ВКР

Выпускная квалификационная работа (ВКР) представляет собой самостоятельную и логически завершенную выпускную квалификационную работу, связанную с решением задач того вида (видов) деятельности, к которым готовится студент (научно-исследовательской, научно-педагогической, проектной, технологической, исполнительской, творческой, организаторской и другим).

Выпускник должен не только подготовить ВКР, но и уметь защитить ее на итоговой государственной аттестации.

При подготовке к защите необходимо:

- повторить основные требования руководящих документов на текущий год по теме ВКР;
- подготовить все графические иллюстрации; составить доклад для устного изложения;
- изучить отзыв и рецензию на ВКР, подготовить ответы на замечания рецензента и окончательно уточнить свой доклад;
- ознакомиться с новыми руководящими документами и литературой по вопросам ВКР, а также с последними изменениями по вопросам теплогазоснабжения и вентиляции;

- провести предварительную защиту.

Демонстрационные материалы представляются по согласованию с руководителем.

Подготовка выпускником доклада по выполненной ВКР является важным этапом подготовки к защите. К подготовке доклада приступают после оформления пояснительной записки (текстуальной части) ВКР, запланированных в задании графических документов и разработки иллюстративного материала.

По времени доклад должен занимать 10...12 минут. За это время можно изложить 5...8 страниц машинописного текста доклада.

В докладе отражается: актуальность темы работы; теоретические положения, на которых базируется ВКР; результаты проведенного анализа изучаемой проблемы; конкретные предложения по деятельности соответствующих органов; дается разъяснение и убедительное обоснование положений и выводов по этим вопросам, исходя из полученных результатов. Особое внимание необходимо сосредоточить на собственных разработках и предложениях.

Доклад при защите ВКР может быть построен по следующей схеме: вначале излагается наименование темы, актуальность, раскрывается цель и задачи исследования, затем в необходимой логической последовательности докладывается содержание важнейших узловых вопросов темы и делается заключение. При изложении основного содержания ВКР следует показать постановку задач на исследование заданных вопросов, методику решения поставленных задач, основные результаты и выводы, к которым пришел выпускник в ходе выполнения выпускной квалификационной работы.

Основные выводы и предложения обосновываются необходимыми расчетами и примерами из практики.

В заключительной части доклада указывается, как достигнуты цели ВКР, что сделано и разработано, что нового выпускник предложил в результате выполнения ВКР, основные результаты работы и где они могут быть использованы.

Доклад строят с учетом графического материала (Чертежи, схемы, диаграммы и т.д.). Текст доклада согласовывается с руководителем.

Написанный доклад представляется руководителю для просмотра.

Текст доклада отрабатывают таким образом, чтобы его можно было излагать на память. Чтение доклада нежелательно, оно может привести к снижению оценки выпускной квалификационной работы.

7. Критерии оценки самостоятельной работы

Компетенции (знания, умения и навыки) студентов оцениваются оценками:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно»;
- «зачтено»;
- «не зачтено».

Зачеты оцениваются отметкой: «зачтено», «не зачтено».

Зачеты с оценкой оцениваются по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

По курсовым работам (проектам) в обязательном порядке выставляется зачет с оценкой.

Экзамены оцениваются по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

Основные критерии оценивания компетенций:

Отметка «зачтено» ставится студентам, успешно обучающимся по данной дисциплине в семестре и не имеющим задолженностей по результатам текущего контроля успеваемости.

Отметка «не зачтено» ставится студенту, имеющему задолженности по результатам текущего контроля успеваемости по данной дисциплине.

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно

увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Отметка «неудовлетворительно» выставляется также, если обучающийся после начала экзамена отказался его сдавать.

Оценка «неудовлетворительно» проставляется только в экзаменационную ведомость, в зачетную книжку студента проставлять отметку «неудовлетворительно» не разрешается.

Критерии оценки уровня обученности и уровня сформированности компетенций по дисциплине устанавливает кафедра и отражает их в рабочей программе и фондах оценочных средств дисциплины.

Ответственность за единообразие требований, предъявляемых на экзаменах, несет заведующий кафедрой. По дисциплинам, изучаемым в течение двух и более семестров, итоговой оценкой является оценка, полученная на последнем экзамене.

Заключение

Самостоятельная работа всегда завершается какими-либо результатами. Таким образом, широкое использование методов самостоятельной работы, побуждающих к мыслительной и практической деятельности, развивает столь важные интеллектуальные качества человека, обеспечивающие в дальнейшем его стремление к постоянному овладению знаниями и применению их на практике.