



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Практическое занятие № 18

Раздел: Основы аэродинамики вентиляционных систем

Тема: Подбор воздухоохладителя центрального кондиционера

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

- Приведена таблица с техническими требованиями к центральным кондиционерам КЦКП.

Технические характеристики воздухонагревателей центральных кондиционеров КЦКП

Типоразмер кондиционера	Обозначение воздухонагревателя ВНВ воздухоохладителя ВОВ	Площадь фронтального сечения, м ²	Размеры, мм		Площадь теплообмена однорядного теплообменника, м ² , при шаге пластин, мм	
			Длина трубок	Высота трубной решетки	1,8	2,5
КЦКП- 5	243.1-073-065	0,475	730	650	12,4	9,8
КЦКП- 6,3	243.1-103-065	0,67	1030	650	18,3	13,8
КЦКП- 8	243.1-072-085	0,865	720	850	23,6	17,9
КЦКП- 10	243.1-102-085	0,927	1020	850	25,3	19,1
КЦКП- 12,5	243.1-102-115	1,236	1020	1150	33,8	25,5
КЦКП- 16	243.1-133-115	1,596	1330	1150	43,6	33,0
КЦКП- 20	243.1-133-145	1,956	1330	1450	53,5	40,4
КЦКП- 25	243.1-166-145	2,445	1660	1450	66,9	50,5
КЦКП- 31,5	243.1-166-175	2,934	1660	1750	80,2	60,6
КЦКП- 45	243.1-196-205	3,474	1960	2050	95	71,7
КЦКП- 50	243.1-185-200	3,96	1850	2000	108,3	81,8

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Исходные данные для расчета воздухоохладителя: начальные и конечные параметры воздуха температура $t_{вн}, t_{вк}, ^\circ C$, и энтальпия $i_{вн}, i_{вк}$ кДж/кг, расход воздуха G_v , кг/час.

Требуется определить: необходимую площадь поверхности теплообмена воздухоохладителя, его аэродинамическое и гидравлическое сопротивление.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА

Необходимая площадь обеспечивается подбором числа рядов труб теплообменника при выбранном значении расстояния между пластинами. Расстояние между пластинами воздухонагревателя может быть равным 1,8; 2,5; 4 мм. Принимаем шаг 2,5 мм. Число ходов по теплоносителю определяется в зависимости от рекомендуемой скорости движения теплоносителя в трубках. Для воздухонагревателей рекомендуемая скорость - от 1,5 до 2,0 м/с .

1. Определяют массовую скорость воздуха во фронтальном сечении кондиционера, кг/с м²:

$$v\rho = \frac{G_{\epsilon}}{3600F_f}.$$

2. Рассчитывают количество теплоты для нагревания воздуха, Вт:

$$Q = 0,278c_{\epsilon}G_{\epsilon}(t_{\kappa} - t_{\text{н}})$$

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА

3. Определяют расход теплоносителя, кг/ч

$$G_w = \frac{3,6Q}{c_w (t_1 - t_2)}$$

4. Задаваясь скоростью движения теплоносителя в трубках от 1,2 до 1,5 м/с, определяют число ходов и площадь живого сечения для прохода воды. Предварительно также следует задаться числом рядов трубок по ходу движения воздуха р.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА

$$N = \frac{pH_{\text{тр}}}{h},$$

где $H_{\text{тр}}$ – высота трубной решетки, м;

h – шаг труб по высоте, м, для КЦКП $h = 0,05 \text{ м}$.

Число ходов:

$$n = \frac{N}{m},$$

где m – число трубок, подключаемых к подающему коллектору,
определяемое

ориентировочно по заданному значению скорости движения воды
в трубках:

$$m = \frac{G_w}{3600 \rho_w f_w w}.$$

Число ходов может быть равным 2, 4, 6, 8, 12, 16.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА

Принимают ближайшее значение числа ходов, определяют количество подключений к коллектору и уточняют скорость движения воды в трубках, м/с:

$$w = \frac{G_w}{3600 \rho_w f_w m}$$

где f_w - площадь живого сечения медной трубки, м^2 ; при внутреннем диаметре трубки 11,8 мм (КЦКП) составляет 0,0001108 м^2 ,

6. Определяют коэффициент теплопередачи, К, Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{C}$); для воздухонагревателей центрального кондиционера КЦКП фирмы «Веза» – по формуле:

$$k = A(v\rho)^{0,37} w^{0,18};$$

7. Аэродинамическое сопротивление воздухонагревателя, Па, определяют по формуле:

$$\Delta P_a = B(v\rho)^m,$$

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА

8. Гидравлическое сопротивление воздухонагревателя, кПа, определяют по формуле:

$$\Delta P_w = 1,968 l_{\text{хода}} w^{1,69},$$

где $l_{\text{хода}}$ – приведенная длина хода воды в трубках; определяется как произведение числа ходов на длину трубок

9. Требуемая площадь поверхности теплообмена:

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

ТАБЛИЦА КОЭФФИЦИЕНТОВ А И Б

Обозначение показателя	Количество рядов трубок по ходу воздуха						
	1			2		3	4
	Шаг пластин, мм						
	1,8	2,5	4	1,8	2,5	1,8	1,8
А	20,94	21,68	23,11	20,94	21,68	20,94	20,94
Б	2,104	1,574	1,034	4,093	3,035	6,044	7,962
м	1,64	1,74	1,81	1,65	1,72	1,66	1,59

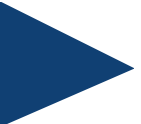
УСЛОВИЕ ЗАДАЧИ

Исходные данные для расчета воздухоохладителя: начальные и конечные параметры воздуха температура $t_{вн}, t_{вк}, ^\circ C$, и энтальпия $i_{вн}, i_{вк}$ кДж/кг, расход воздуха G_v , кг/час.

Требуется определить: необходимую площадь поверхности теплообмена воздухоохладителя, его аэродинамическое и гидравлическое сопротивление.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТА

- №1 $F = 47,3 \text{ м}^2; \Delta P_a = 15,06 \text{ Па}; \Delta P_w = 14,86 \text{ кПа}$
- №2 $F = 57 \text{ м}^2; \Delta P_a = 13,45 \text{ Па}; \Delta P_w = 15,86 \text{ кПа}$
- №3 $F = 102,4 \text{ м}^2; \Delta P_a = 12,45 \text{ Па}; \Delta P_w = 18,86 \text{ кПа}$
- №4 $F = 202,4 \text{ м}^2; \Delta P_a = 12,45 \text{ Па}; \Delta P_w = 23,9 \text{ кПа (!)}$
- №5 Нет верного ответа



ПОДСКАЗКА

- Уточните верно ли вы выбрали типоразмер кондиционера.

ПОЛНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ



Через точку предельного состояния воздуха на линии $\phi = 100\%$ при температуре поверхности t_f проводят линию постоянного влагосодержания $d_f = \text{const}$. Значения температуры воздуха ($t_{вн}^P$ и $t_{вк}^P$) в точках пересечения линий постоянной энтальпий с линией $d_f = \text{const}$ 2 и 1 являются расчетными, а сама линия 2-1 характеризуют условный процесс «сухого» охлаждения. Замена реального процесса условным процессом позволяет использовать для определения требуемой площади поверхности воздухоохладителя методику расчета воздухонагревателя с учетом специфики воздухоохладителя.

ПОЛНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

4. Задаваясь скоростью движения теплоносителя в трубках от 1,2 до 1,5 м/с, определяют число ходов и площадь живого сечения для прохода воды. Предварительно также следует задаться числом рядов трубок по ходу движения воздуха p .

Принимаем $p=1$; при $H_{тр}=1,45$ м общее количество трубок:

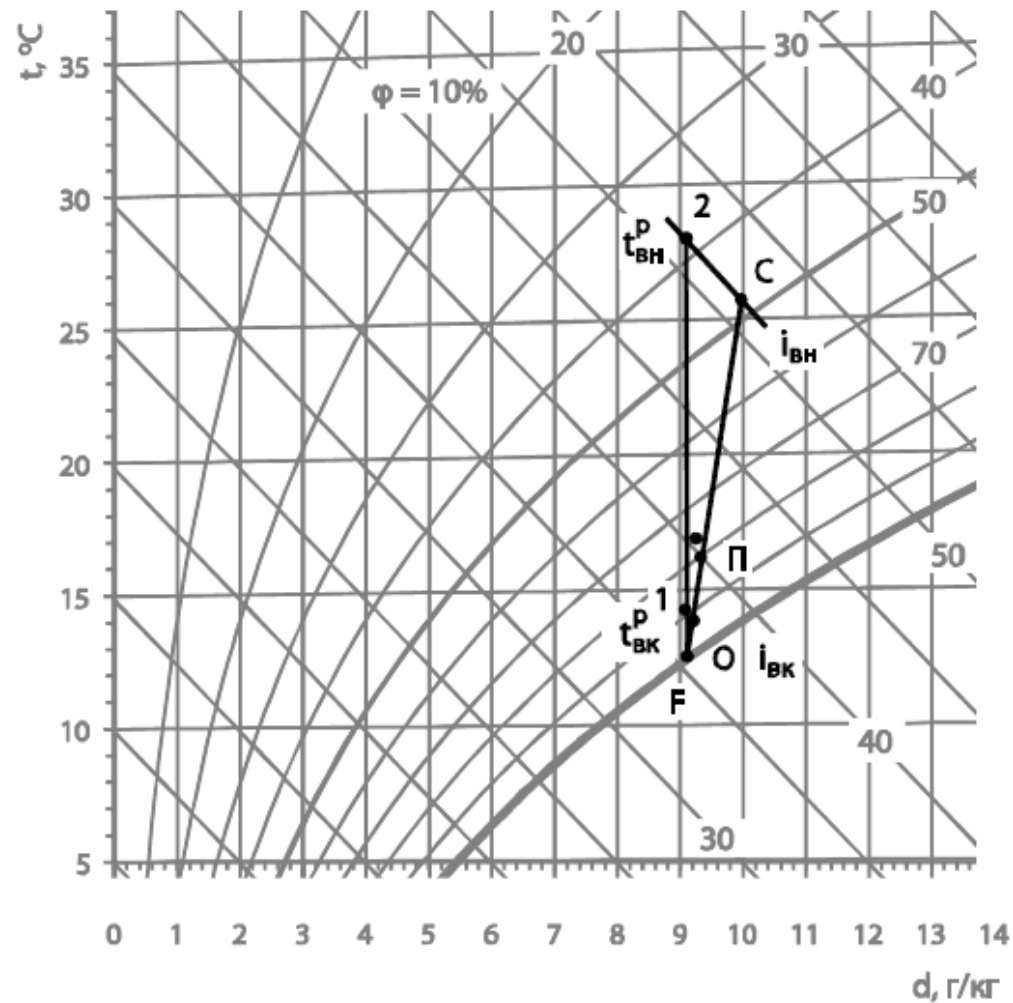
$$N = \frac{pH_{тр}}{h} = \frac{1 \cdot 1,45}{0,05} = 29,$$

где $H_{тр}$ – высота трубной решетки, м;

h – шаг труб по высоте, м, для КЦКП $h = 0,05$ м .

ПОЛНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

- Построение процесса на I - d диаграмме влажного воздуха.



ПОЛНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

2. Значение температуры холодной воды на входе в поверхностный воздухоохладитель принимаем $t_{\text{вх}} = t_f + 3$;

$$t_{\text{вх}} = +20^\circ\text{C}, t_{\text{вх}} = +15^\circ\text{C}.$$

3. Расход холодной воды определяем по уравнению теплового баланса из условия, что перепад температур холодной воды в теплообменнике не может быть выше 5°C :

- находим количество теплоты, удаляемое из воздуха при его охлаждении:

$$Q_x = \frac{G_s(I_n - I_o)}{3,6} = \frac{11180 \cdot (55 - 37,6)}{3,6} = 54036 \text{ Вт},$$

- вычисляем расход охлаждающей воды:

$$G_w = \frac{Q_x}{c_w(t_{\text{отепл}} - t_x)} = \frac{54036}{4190(20 - 15)} = 2,58 \text{ кг/с}.$$

ПОЛНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

3. Определяем, аналогично поверхностным воздухонагревателям, массовую скорость движения воздуха во фронтальном сечении, число ходов по рекомендуемому значению скорости движения воды в трубках от 1,0 до 1,5 м/с (задаваясь числом рядов трубок по ходу воздуха, для воздухоохладителя от 4 до 8), уточненную с учетом принятого числа ходов скорость движения воды, коэффициент теплопередачи по формулам для теплопередачи без массообмена при условном процессе «сухого» охлаждения как для поверхностного воздухонагревателя.

ПОЛНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

4. Массовая скорость воздуха во фронтальном сечении кондиционера КЦКП-20, кг/(с·м²):

$$v\rho = \frac{11180}{3600 \cdot 0,927} = 3,35 \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2.$$

5. Общее количество трубок:

$$N = \frac{pH_{mp}}{h} = \frac{8 \cdot 0,85}{0,05} = 136 \text{ шт}$$

где H_{mp} - высота трубной решетки, м;

ПОЛНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

h - шаг труб по высоте, м, для КЦКП $h = 0,05$ м .

Число ходов:

$$n = \frac{N}{m} = \frac{136}{17} \approx 8$$

Принимаем число ходов 8, число ходов может

быть равным 2, 4, 6, 8, 12, 16.

где m - число трубок, подключаемых к подающему коллектору, определяемое ориентировочно по рекомендуемому значению скорости движения воды в трубках $w = 1,0-1,5$ м/с.

$$m = \frac{G_w}{\rho_w f_w w} = \frac{2,58}{1000 \cdot 1,37 \cdot 0,0001108} = 17$$

ПОЛНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

6. Уточняют скорость движения воды в трубках, м/с:

$$w = \frac{G_w}{\rho_w f_w m} = \frac{2,58}{1000 \cdot 0,0001108 \cdot 17} \approx 1,37$$

где f_w - площадь живого сечения медной трубки, м²; (КЦКП)
составляет 0,0001108 м²,

7. Определяем коэффициент теплопередачи, К, Вт/(м²·С); для
воздухонагревателей центрального кондиционера КЦКП фирмы «Веза»
- по формуле:

$$K = A(v\rho)_\epsilon^{0.37} w^{0.18} = 20,94 \cdot 3,35^{0.37} \cdot 1,37^{0.18} = 36,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{С}).$$

ПОЛНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ



Шаг пластин 1,8 мм

8. Требуемая площадь поверхности теплообмена:

$$F = \frac{Q}{k\Delta t_{cp}} = \frac{54036}{37 \cdot 7,5} = 201 \text{ м}^2$$

9. Средняя логарифмическая разность температур

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{(35 - 20) - (18 - 15)}{\ln \frac{15}{3}} = 7,5^{\circ} \text{C} .$$

ПОЛНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

10. Фактическая площадь теплообмена восьмирядного теплообменника при шаге 1,8 мм $= 25,3 \cdot 8 = 202,4 \text{ м}^2$

11. Запас поверхности теплообмена

$$a = \frac{202,4 - 201}{202,4} = 0,09$$

12. Аэродинамическое сопротивление воздухоохладителя, Па, определяют по формуле:

$$\Delta P_a = B(v\rho)_\epsilon^{1,74} = 7,962 \cdot 3,35^{0,37} = 12,45 \text{ Па}$$

10. Гидравлическое сопротивление воздухоохладителя, кПа, определяют по формуле:

$$\Delta P_w = 1,968 l_{\text{ход}} w^{1,69} = 1,968 \cdot 8 \cdot 1,02 \cdot 1,37^{1,69} = 23,9 \text{ кПа}$$

ЗАДАЧА ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

- Провести те же расчеты, однако, выбрать кондиционер КЦКП 45 вместо КЦКП 20.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТА



- №1 $F = 47,3 \text{ м}^2; \Delta P_a = 15,06 \text{ Па}; \Delta P_w = 14,86 \text{ кПа}$
- №2 $F = 57 \text{ м}^2; \Delta P_a = 13,45 \text{ Па}; \Delta P_w = 15,86 \text{ кПа}$
- №3 $F = 102,4 \text{ м}^2; \Delta P_a = 12,45 \text{ Па}; \Delta P_w = 18,86 \text{ кПа}$
- №4 $F = 202,4 \text{ м}^2; \Delta P_a = 16,45 \text{ Па}; \Delta P_w = 13,86 \text{ кПа}$
- №5 Нет верного ответа (!)



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!