

Задача 5

Рассчитать необходимый воздухообмен механического цеха. В цехе установлено оборудование, общая мощность которого составляет N кВт, средняя мощность одного электродвигателя не превышает n кВт. Коэффициент загрузки электродвигателей составляет не менее 0,8. В цехе работают X человек, категория работ по тяжести IIб (вес детали не превышает 10 кг). Помещение освещается m лампами мощностью n_1 Вт, высота помещения составляет H м. Расчет произвести для периода года со средней температурой t °С. Составить вывод.

Таблица 1. Исходные данные

№вар	N , кВт	n , кВт	X	t , °С	n_1 , Вт	m
1	120	11	50	-20	100	11
2	140	12	65	-14	200	9
3	150	13	75	-9	300	10
4	200	14	55	-4	400	12
5	350	15	95	+2	500	8
6	400	9	105	+7	600	12
7	240	10	35	+13	700	9
8	280	16	85	+18	800	13
9	310	8	45	+24	900	14
10	180	6	115	+29	1000	7

Для вариантов с 11 по 31:

$$N = N^{\text{таб}} + 5 \cdot N_{\text{вар}}$$

$$t = t^{\text{таб}} + 0,1 \cdot N_{\text{вар}}$$

$$X = X^{\text{таб}} + 2 \cdot N_{\text{вар}}$$

$$n = n^{\text{таб}} + 0,1 \cdot N_{\text{вар}}$$

$$n_1 = n_1^{\text{таб}} + 10 \cdot N_{\text{вар}}$$

$$m = m^{\text{таб}} + 2 \cdot N_{\text{вар}}$$

Пример 2. Рассчитать необходимый воздухообмен механического цеха. В цехе установлено оборудование, общая мощность которого составляет 170 кВт, средняя мощность одного электродвигателя не превышает 10 кВт. Коэффициент загрузки электродвигателей составляет не менее 0,8. В цехе работают 60 человек, категория работ по тяжести Пб (вес детали не превышает 10 кг). Помещение освещается 20 лампами мощностью 700 Вт, высота помещения составляет 7 м. Расчет произвести для периода года со средней температурой -10°C .

Решение. Расчет вентиляции механического цеха необходимо производить по выделению тепловых избытков, так как в местах выделения вредных веществ должна быть организована система местной вентиляции. Количество воздуха, которое необходимо подавать вентиляцией, $\text{м}^3/\text{с}$, определяют по следующей формуле

$$L = \frac{Q}{C\rho(t_{yx} - t_{np})}, \quad (3)$$

где Q – количество тепла, выделяемого всеми источниками, кВт;

C – теплоемкость воздуха, кДж/(кг·К);

ρ – плотность воздуха при температуре t_{np} , кг/м³;

t_{yx} , t_{np} – температура уходящего и приточного воздуха, °С.

Свойства воздуха в зависимости от его температуры t_{np} определяют по данным табл. 13. За температуру приточного воздуха принимают среднее значение температур воздуха для рассматриваемого периода года.

Таблица 13 – Физические свойства воздуха

Температура, °С	Теплоемкость, кДж/(кг·К)	Плотность, кг/м ³
- 20	1,009	1,395
- 10	1,009	1,342
0	1,005	1,293
10	1,005	1,247
20	1,005	1,205
30	1,005	1,165
40	1,005	1,128

Температуру уходящего воздуха определяют исходя из требуемого значения температуры рабочей зоны:

$$t_{yx} = t_{p.z} + \Delta t(H - 2), \quad (4)$$

где $t_{p.z}$ – температура воздуха рабочей зоны (выбирают в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005-88 в зависимости от категории работ по тяжести и периода года по табл. В.1 приложения В), °С;

H – высота помещения, м;

Δt – градиент увеличения температуры по высоте (принимает значение в интервале 0,5 - 1,5), °С/м.

Температура воздуха рабочей зоны, в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005-88 для категории работ по тяжести Пб для холодного периода года (средняя температура составляет -10°С) составляет 18°С. Тогда температура уходящего воздуха составляет:

$$t_{yx} = 18 + 1,0 \cdot (7 - 2) = 23^{\circ} \text{C}.$$

Свойства приточного воздуха при температуре -10°С определяем по данным табл. 13:

$$\rho = 1,342 \text{ кг/м}^3, \quad C = 1,009 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}.$$

Основными источниками выделения тепла в механических цехах являются [6]:

- тепловыделения станков;
- тепловыделения от ламп искусственного освещения;
- тепловыделения от работающих людей;
- тепловыделения от солнечной радиации.

Тепловыделения от станков, кВт, зависят от мощности установленных электродвигателей, степени ее использования, условий работы станков и определяются по формуле

$$Q = N k_{\text{заг}} k_{\text{од}} \eta_1^{-1}, \quad (5)$$

где N - номинальная мощность электродвигателей станков, кВт;

$k_{\text{заг}}$ - коэффициент загрузки электродвигателей (0,5 - 0,8);

$k_{\text{од}}$ - коэффициент одновременной работы (0,5 - 1,0);

η_1 - коэффициент полезного действия при данной загрузке.

Коэффициент полезного действия при данной загрузке определяется по формуле

$$\eta_1 = \eta k_{\Pi} , \quad (6)$$

K_{Π} – поправочный коэффициент, учитывающий полноту загрузки (при коэффициенте загрузки, большем или равном 0,8, поправочный коэффициент равен 1, при меньших значениях определяется по каталогам);

η - коэффициент полезного действия электродвигателя при полной нагрузке, определяется по каталогам или по данным табл. 14.

Таблица 14 – Зависимость коэффициента полезного действия электродвигателя от его номинальной мощности, кВт

N	Менее 0,5	0,5... 5	5... 10	10... 28	28... 50	Более 50
η	0,75	0,84	0,85	0,88	0,9	0,92

Количество тепла, выделяемого станками, определяем по формулам (5), (6) и данным табл. 14:

$$Q = 170 \cdot 0,8 \cdot 0,7 / 0,85 = 112 \text{ кВт.}$$

Количество тепла, выделяемого работающими людьми, Вт, определяют по формуле

$$Q = n q, \quad (7)$$

где q – тепловыделения одного человека, Вт/чел.;

n – количество работающих людей, чел.

Тепловыделения одного человека принимаем равным 80 Вт. Тогда количество тепла, выделяемого работающими людьми, составляет 4,8 кВт.

Количество тепла, выделяемого источниками искусственного освещения, Вт, определяют по формуле

$$Q = P E, \quad (8)$$

где P – мощность ламп с учетом их количества, Вт;
 E – коэффициент, учитывающий потери тепла (0,55).

Количество тепла, выделяемого источниками искусственного освещения, соответственно равно:

$$Q = 700 \cdot 20 \cdot 0,55 = 7700 \text{ Вт} = 7,7 \text{ кВт}.$$

Тепловыделения от солнечной радиации, Вт, определяют по формуле

$$Q = m S k Q_{\text{с}}, \quad (9)$$

где m – количество окон;

S – площадь одного окна, м^2 ;

k – коэффициент, учитывающий остекление оконных проемов (для двойного остекления равен 0,6);

$Q_{\text{с}}$ – тепло, поступающее от одного окна, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

В данном случае выделениями тепла от солнечной радиации (холодный период года) мы можем пренебречь.

Количество воздуха, которое необходимо подавать вентиляцией, определяем по формуле (3)

$$L = \frac{112 + 4,8 + 7,7}{1,009 \cdot 1,342 (23 - (-10))} = 2,8 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Рассчитанная система вентиляции обеспечит выполнение нормативных требований по качеству воздуха рабочей зоны.

Физические свойства сухого воздуха
($P_B = 760$ мм рт. ст. $\approx 1,01 \cdot 10^5$ Па)

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho,$ кг/м^3	$c_p,$ $\text{кДж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$	$\lambda \cdot 10^2,$ $\text{Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$	$\alpha \cdot 10^6,$ $\text{м}^2/\text{с}$	$\mu \cdot 10^6,$ $\text{Па} \cdot \text{с}$	$\nu \cdot 10^6,$ $\text{м}^2/\text{с}$	
-50	1,584	1,013	2,04	12,7	14,6	9,23	0
-40	1,515	1,013	2,12	13,8	15,2	10,04	0
-30	1,453	1,013	2,20	14,9	15,7	10,80	0
-20	1,395	1,009	2,28	16,2	16,2	11,61	0
-10	1,342	1,009	2,36	17,4	16,7	12,43	0
0	1,293	1,005	2,44	18,8	17,2	13,28	0
10	1,247	1,005	2,51	20,0	17,6	14,16	0
20	1,205	1,005	2,59	21,4	18,1	15,06	0
30	1,165	1,005	2,67	22,9	18,6	16,00	0
40	1,128	1,005	2,76	24,3	19,1	16,96	0
50	1,093	1,005	2,83	25,7	19,6	17,95	0
60	1,060	1,005	2,90	27,2	20,1	18,97	0
70	1,029	1,009	2,96	28,6	20,6	20,02	0
80	1,000	1,009	3,05	30,2	21,1	21,09	0
90	0,972	1,009	3,13	31,9	21,5	22,10	0