

## Содержание

- 1 Исходные данные.
  - 1.1 Расчётные параметры наружного воздуха.
  - 1.2 Расчётные параметры внутреннего воздуха.
- 2 Порядок расчёта воздухообменов по нормативной кратности.
  - 2.1 Расчёт воздухообменов по нормативной кратности.
- 3 Расчёт воздухообменов по поступаемым в помещение вредностям.
  - 3.1 Влаговыведения с открытой поверхности воды.
  - 3.2 Влаговыведения от людей.
  - 3.3 Теплопоступления от искусственного освещения.
  - 3.4 Теплопоступления от солнечной радиации.
  - 3.5 Теплопоступления от нагретых обходных дорожек (явное тепло).
  - 3.6 Теплопотери на нагрев воды в бассейне (явное тепло).
  - 3.7 Теплопоступления от людей (явное и полное тепло).
  - 3.8 Поступления скрытого тепла при испарении влаги.
  - 3.9 Выделения людьми двуокиси углерода.
  - 3.10 Итоговые результаты по выделению вредных веществ в бассейне.
  - 3.11 Определение расчетных воздухообменов.
- 4 Альтернативная методика расчёта.
- 5 Подбор оборудования.
  - 5.1 Первый вариант приточной установки.
  - 5.2 Второй вариант приточной установки.
  - 5.3 Применение программы “КЦКП”.

## 1 Исходные данные.

Рассчитываемое здание – жилое многоквартирное, элитное.

Число этажей – 3. Высота этажа – 3,52 м. Общая высота здания  $H=10,56$  м.

Город застройки – Челябинск (широта  $56^{\circ}$ ).

### 1.1 Расчётные параметры наружного воздуха.

Расчётные параметры определяются согласно /1/, для города Челябинска по параметрам А – для систем кондиционирования в теплый период года, и по параметрам Б – для систем кондиционирования в холодный период года. Данные сведены в таблицу.

Таблица 1.1 – Расчётные параметры наружного воздуха.

№	Параметр	Обозн	Разм-ть	Период года		
				Зимний (Б)	Летний (Б)	Переходный
1	Темп-ра	$t_{ext}$	$^{\circ}C$	-34	25,9	10
2	Энтальпия	$l_{ext}$	кДж/кг	-33,5	52	26,5
4	Скорость ветра	w	м/с	4,8	3,2	-

## 1.2 Расчётные параметры внутреннего воздуха.

Принимается, что температура внутреннего воздуха должна быть больше температуры воды на один градус. Расчётные параметры определяются согласно /1/, с помощью I-d диаграммы. Результаты в таблице.

Таблица 1.2– Расчётные параметры внутреннего воздуха для бассейна (рекомендуется при проектировании бассейнов).

№	Параметр	Обозн	Разм-ть	Период года		
				Зимний (Б)	Летний (Б)	Переходный
1	Темп-ра	$t_{int}$	$^{\circ}\text{C}$	30	30	30
2	Энтальпия	$l_{int}$	кДж/кг	72,4	72,4	72,4
3	Отн влажн	$\varphi$	%	60	60	60
4	Подвиж возд	$v_{int}$	м/с	0,2	0,2	0,2
5	Темп точки росы	$t_d$	$^{\circ}\text{C}$	20,5	20,5	20,5
6	Темп по мокр терм	$t_m$	$^{\circ}\text{C}$	22,9	22,9	22,9

## 2 Порядок расчёта воздухообменов по нормативной кратности.

В данном здании, большинство помещений количество поступающих вредных веществ, таких как тепло, влага и углекислый газ, зависит в основном только от назначения здания. Поэтому воздухообмены в данных помещениях, можно рассчитать по нормативной кратности.

При расчете по нормативной кратности, используется формула:

$$L = K \cdot V_{\text{пом}} \quad [2.1]$$

где  $L$  – расход воздуха,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ,

$K$  – кратность воздухообмена,  $\text{ч}^{-1}$ ,

$V_{\text{пом}}$  – объем помещения,  $\text{м}^3$ .

Кратность воздухообмена, принимаем по справочно-нормативной литературе /4/, /5/, /6/ для каждого помещения в здании. В результате составляется итоговая таблица, в которой для каждого из помещений рассчитывается необходимый расход воздуха.

### 2.1 Расчёт воздухообменов по нормативной кратности.

По справочно-нормативной литературе, принимаем для каждого помещения, необходимую кратность воздухообмена. Также определяется внутренний объем каждого из помещений, удобнее сначала рассчитать площадь каждой комнаты и умножить полученное значение на внутреннюю высоту этажа. После этого по формуле [2.1] находится необходимый расход воздуха. Результаты сводятся в таблицу.

Таблица 2.1 – Расчёт воздухообменов по нормативной кратности.

Наим помещения	Объем, м <sup>3</sup>	Темп-ра, °С	Кратность, ч-1		Расх возд, м <sup>3</sup> /ч		примечание
			приток	вытяжка	приток	вытяжка	
Винный погреб	40,26	18	0,00	1,00	0	40	
Аппаратная	30,03	18	0,00	1,00	0	30	
Душевая	42,075	24	0,00	0,95	0	40	
Сауна	28,215	18	0,00	1,77	0	50	
Насосная	6,93	18	0,00	2,89	0	20	
Санузел	17,16	18	0,00	2,33	0	40	
Бассейн	253,11	30	по расч	по расч	2010	2010	
Коридор	19,008	18	0,00	0,00	0	0	
Бильярдная	130,02	21	0,00	10,00	0	1300	
Комната отдыха	93,39	21	0,00	0,91	0	85	
Тренажерный зал	94,545	21	по расч	по расч	1099	1099	
Холл	122,1	18	0,00	0,00	1605	0	доб
Лестничная клетка	47,19	18	0,00	0,00	0	0	
				на этаж	4714	4714	
Комн прислуги	65,175	21	0,91	0,91	59	59	
Ванная, санузел	29,865	24	0,00	1,34	0	40	
Постирочная	32,175	18	4,00	7,00	129	225	
Гардеробная	45,54	18	0,00	1,50	0	68	
Спальня	75,471	21	0,91	0,91	69	69	
Санузел	34,749	18	0,00	1,15	0	40	
Гостиная	130,02	21	0,91	0,91	118	118	
Столовая	95,106	21	1,54	0,00	146	0	86+60
Кухня	68,64	18	0,00	2,13	0	146	86+60
Холл	176,319	18	0,00	0,00	245	0	доб
Лестничная клетка	47,19	18	0,00	0,00	0	0	
				на этаж	766	766	
Спальня	82,5	21	0,91	0,91	75	75	
Ванная	29,865	24	0,00	1,34	0	40	
Гардеробная	12,441	18	0,00	1,50	0	19	
Спальня	66,726	21	0,91	0,91	61	61	
Спальня	74,58	21	0,91	0,91	68	68	
Ванная	34,65	24	0,00	1,15	0	40	
Кабинет	129,36	21	0,50	0,50	65	65	
Спальня	73,59	21	0,91	0,91	67	67	
Спальня	57,09	21	0,91	0,91	52	52	
Гардеробная	17,49	18	0,00	1,50	0	26	
Санузел	22,044	18	0,00	1,81	0	40	
Холл	154,704	18	0,00	0,00	165	0	доб
Лестничная клетка	47,19	18	0,00	0,00	0	0	
				на этаж	552	552	
				<b>Итого</b>	<b>6032</b>	<b>6032</b>	

### 3 Расчёт воздухообменов по поступаемым в помещение вредностям.

Расчёт по поступаемым в помещение вредностям производится для бассейна и тренажерного зала. При расчёте следует учитывать:

- тепlopоступления от искусственного освещения (только в зимний период),
- вредности от людей (тепло, влага и углекислый газ),
- тепlopоступления от солнечной радиации (через любые наружные ограждающие конструкции, только в летний период),
- влаговыделения со свободной поверхности бассейнов (также зависит от активности барботации воды или волнообразования),
- влаговыделения со смоченных поверхностей обходных дорожек бассейнов,
- тепlopоступления от испаряющейся влаги,
- теплозатраты на нагрев воды в бассейнах от внутреннего воздуха.

#### 3.1 Влаговыделения с открытой поверхности воды.

Влаговыделения можно определить по формуле

$$W_u = W_{\text{отк}} \cdot F_{\text{отк}} + W_{\text{см}} \cdot F_{\text{см}},$$

где  $F_{\text{отк}}$  – площадь открытой водной поверхности,  $\text{м}^2$ ,

$F_{\text{см}}$  – площадь смоченных поверхностей, определяется в процентном соотношении к открытой водной поверхности и принимается равной 20-40% открытой водной поверхности. Причём, чем больше площадь водного зеркала бассейна, тем меньше процент,

$W_{\text{отк}}$ ,  $W_{\text{см}}$  – интенсивность испарения влаги в условиях температурно-влажностного режима закрытых бассейнов, в основном зависит от разницы парциальных давлений водяного пара при нормируемых значениях температуры и влажности внутреннего воздуха  $P_v$  и при полном его насыщении  $P_{\text{нас}}$  при температуре воды в бассейне  $t_w$ .

$$W_{\text{отк}} = e \cdot (P_w - P_1) / 1000,$$

где  $W_{\text{отк}}$  – количество влаги, испаряющейся с открытой водной поверхности плавательного бассейна, кг/час,

$P_w$  и  $P_1$  – давление водяных паров насыщенного воздуха при температуре воды в бассейне и при заданных температуре и влажности воздуха, мбар,

$e$  – эмпирический коэффициент,  $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{мбар})$ , равный:

0,5 – для закрытых поверхностей бассейна,

5 – для неподвижных открытых поверхностей бассейна,

15 – небольших частных бассейнов с ограниченным временем использования,

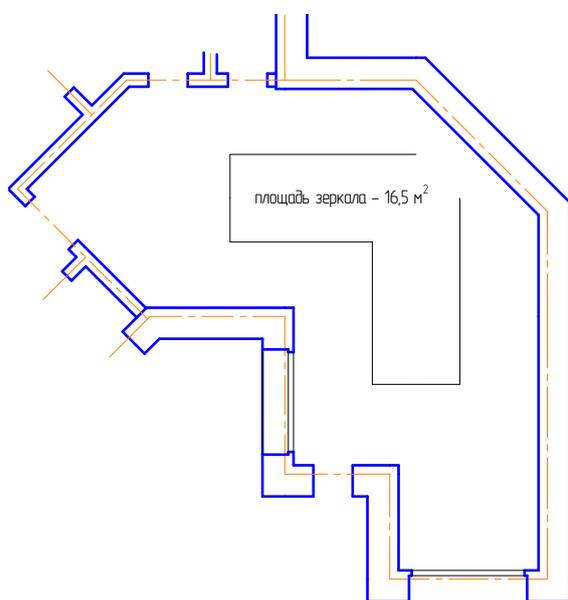
20 – для общественных бассейнов с нормальной активностью купающихся,

28 – для больших бассейнов для отдыха и развлечений,

35 – для аквапарков со значительным волнообразованием.

Количество влаги, испаряющейся со смоченных поверхностей пола, можно определить по формуле:

$$w_{\text{см}} = 0,006 \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{м}})$$



Итак, площадь открытой поверхности,  $F_{\text{отк}} = 16,5 \text{ м}^2$ ,

Площадь смоченной поверхности, соответственно,  $F_{\text{см}} = 0,4 \cdot 16,5 = 6,6 \text{ м}^2$ ,

Температура воды в бассейне,  $t_w = 29 \text{ }^\circ\text{C}$ ,

Температура воздуха по мокрому термометру  $t_m = 22,9 \text{ }^\circ\text{C}$ ,

Парциальное давление водяных паров внутреннего воздуха при полном его насыщении  $P_w = 30,8$  мбар,

Парциальное давление водяных паров внутреннего воздуха,  $P_1 = 25,7$  мбар,

Эмпирический коэффициент  $e = 15 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{мбар})$  – для небольших частных бассейнов .

Тогда получаем следующие значения интенсивностей испарения влаги, от открытой поверхности бассейна:

$$w_{\text{отк}} = 15 \cdot (30,8 - 25,7) / 1000 = 0,0765 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}),$$

И от смоченной поверхности бассейна:

$$w_{\text{см}} = 0,006 \cdot (30 - 22,9) = 0,0426 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}),$$

Значит, суммарные влаговыделения равны

$$W_u = 0,0765 \cdot 16,5 + 0,0426 \cdot 6,6 = 1,54 \text{ кг}/\text{м}^2.$$

### 3.2 Влаговыделения от людей.

При расчёте влаги поступающей от людей считаем, что в бассейне максимально находиться 10 чел (семья, живущая в этом доме, и их друзья). Принимаем 4 мужчины, 4 женщины, 2 ребенка. Количество влаги, выделяемой людьми, определяется по формуле

$$W_{\text{чел}} = m \cdot N,$$

где  $m$  – количество влаги, выделяемой 1 взрослым мужчиной, выполняющим легкую работу. При  $t_{\text{int}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $m = 150 \text{ г}/\text{ч}$ ; Считается, что женщины выделяют 85% от вредностей мужчин и 75% от детей. Следовательно

$$W_{\text{чел}} = 150 \cdot (4 + 4 \cdot 0,85 + 2 \cdot 0,75) = 1335 \text{ г}/\text{ч} = 1,335 \text{ кг}/\text{ч}$$

### **В итоге суммарное значение влаговыделений**

$$W_{\text{сум}} = 1,54 + 1,335 = 2,875 \text{ кг/ч}$$

### **3.3 Теплопоступления от искусственного освещения.**

Тепловыделения от искусственного освещения необходимо учитывать в тепловом балансе помещения бассейна в зимний период, когда теплопоступления от солнечной радиации через светопрозрачные конструкции относительно невелики и не превышают величины теплопоступлений от искусственного освещения.

При неизвестных мощностях осветительных приборов тепловыделения от источников искусственного освещения  $Q_{\text{и.о.}}$ , Вт, определяется по формуле.

$$Q_{\text{и.о.}} = E \cdot F \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}}$$

,где  $E$  – нормативная освещенность помещения, принимаемая согласно рекомендациям для данного типа помещения по /7/, лк,  $E = 200$  лк,

$F$  – площадь пола помещения,  $\text{м}^2$ ,  $F = 76,7 \text{ м}^2$ ,

$q_{\text{осв}}$  – удельные тепловыделения люминесцентных светильников, Вт / ( $\text{м}^2 \cdot \text{лк}$ ), определяемые по /7/,  $q_{\text{осв}} = 0,058$

$\eta_{\text{осв}}$  – доля тепла поступающего в помещение, принимается в зависимости от расположения осветительных приборов, в данном случае  $\eta_{\text{осв}} = 1$ .

$$Q_{\text{и.о.}} = 200 \cdot 76,7 \cdot 0,058 \cdot 1 = 889,7 \text{ Вт}$$

### **3.4 Теплопоступления от солнечной радиации.**

При расчёте теплопоступлений от солнечной радиации следует учитывать, теплопоступления через покрытия и теплопоступление через окна и другие светопроникающие ограждения.

В данном случае учитываем только теплопоступления через окна бассейна, потому что бассейн находится в подвале здания и у данного здания есть чердак, а в этом случае теплопоступления через покрытия принимают равными нулю.

Итак, чтобы определить тепlopоступления от солнечной радиации используют следующую методику расчёта (в данном случае применяется упрощенная методика).

$$Q_{\text{ср}}^{\text{ок}} = (q_{\text{ср}} + q_{\text{т}}) \cdot F_{\text{ок}},$$

, где  $q_{\text{ср}}$  – тепlopоступления от проникания солнечной радиации,

$q_{\text{т}}$  – тепlopоступления от нагретого стекла окна внутреннему воздуху при упрощенном расчёте можно принять  $q_{\text{т}} = 0,1 \cdot q_{\text{ср}}$  – для окон освещенных прямой солнечной радиацией и  $q_{\text{т}} = 0$  – для окон не освещенных прямой солнечной радиацией,

$F_{\text{ок}}$  – площадь окон. Определяется по чертежам, и в данном случае  $F_{\text{ок}} = 5,61 \text{ м}^2$ .

Тепlopоступления от проникания солнечной радиации можно определить по следующей формуле.

$$q_{\text{ср}} = (q_{\text{пр}} \cdot K_{\text{инс}} + q_{\text{рас}} \cdot K_{\text{обл}}) \cdot K_{\text{отн}} \cdot T_2,$$

, где  $q_{\text{пр}}$  и  $q_{\text{рас}}$  – прямое и рассеянное количество тепла от прямой и рассеянной солнечной радиации, принимается по /7/. Т.к. в данном помещении два окна обращенных на северо-восток и северо-запад, поэтому вычисляется суммарная величина со всех сторон для каждого часа работы и принимается максимальное значение. Расчёт удобно представить в табличной форме, результаты смотри в таблице 3.2.

$K_{\text{инс}}$  – коэффициент инсоляции (освещенности), при упрощенном расчёте принимается равным  $K_{\text{инс}} = 0,9$ ,

$K_{\text{обл}}$  – коэффициент облучения, при упрощенном расчёте принимается равным  $K_{\text{обл}} = 1$ ,

$K_{\text{отн}}$  – коэффициент относительного проникания солнечной радиации, принимается по /7/ в зависимости от наличия и вида солнцезащитных устройств.

Принимаем, что на окнах используют жалюзи средние по окраске –  $K_{\text{отн}} = 0,65$

$T_2$  – коэффициент, учитывающий затемнение окна переплётными, в зависимости от типа окон, по /7/. В данном здании использованы двухслойные стеклопакеты в деревянных переплётках, поэтому  $T_2 = 0,8$ .

Таблица 3.2 – Определение теплоступлений от проникания солнечной радиации.

Ист солн время	q_пр		q_рас		q_ср		K_инс	0,9
	СВ	СЗ	СВ	СЗ	СВ	СЗ		
5-6	344	0	74	30	199,472	15,6	K_обл	1
6-7	401	0	93	44	236,028	22,88	K_отн	0,65
7-8	339	0	98	53	209,612	27,56	T <sub>2</sub>	0,8
8-9	174	0	87	56	126,672	29,12		
9-10	26	0	71	57	49,088	29,64		
10-11	0	0	62	58	32,24	30,16		
11-12	0	0	59	58	30,68	30,16		
12-13	0	344	30	74	15,6	199,472		
13-14	0	401	44	93	22,88	236,028		
14-15	0	339	53	98	27,56	209,612		
15-16	0	174	56	87	29,12	126,672		
16-17	0	26	57	71	29,64	49,088		
17-18	0	0	58	62	30,16	32,24		
18-19	0	0	58	59	30,16	30,68		

Из таблицы видно, что максимальные значения –  $q_{ср} = 236$  Вт. Тогда значение теплоступлений от нагретого оконного стекла внутреннему воздуху в помещении, будет равен  $q_T = 0,1 \cdot 236 = 23,6$  Вт (упрощенный расчёт). Теперь можно определить теплоступления от солнечной радиации ( $Q_{ср}^{ок}$ ).

$$Q_{ср}^{ок} = (236 + 23,6) \cdot 5,61 = 1456,4 \text{ Вт.}$$

### 3.5 Теплоступления от нагретых обходных дорожек (явное тепло).

Вычисляются по формуле

$$Q_{дор} = \alpha_{дор} \cdot F_{дор} \cdot (t_{дор} - t_{int})$$

где  $\alpha_{дор}$  – коэффициент теплоотдачи обходных дорожек, Вт/(м<sup>2</sup>·°C). Для данного расчёта принимается  $\alpha_{дор} = 10$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C).

$F_{дор}$  – суммарная площадь обходных дорожек, м<sup>2</sup>. Согласно чертежу, ширина обходных дорожек 1 м, т.е.  $F_{дор} = 7,74$  м<sup>2</sup>.

$t_{\text{дор}}$  – средняя температура на поверхности дорожек, °С.

Принимаем равной  $t_{\text{дор}} = 31^{\circ}\text{C}$ .

Итак

$$Q_{\text{дор}} = 10 \cdot 7,74 \cdot (31 - 30) = 77,4 \text{ Вт.}$$

### 3.6 Теплотери на нагрев воды в бассейне (явное тепло).

Так как средняя температура воды в бассейнах ниже температуры внутреннего воздуха на  $1^{\circ}\text{C}$ , на нагрев воды тратиться некоторое количество теплоты. Количество теплоты, идущей на нагрев воды, определяют по формуле

$$Q_{\text{вод}} = \alpha_{\text{вод}} \cdot F_{\text{вод}} \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{вод}}),$$

где  $\alpha_{\text{вод}}$  – коэффициент отдачи явного тепла от внутреннего воздуха к поверхности водного зеркала, Вт/( $\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ ). Принимаем  $\alpha_{\text{вод}} = 4 \text{ Вт}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ .

$F_{\text{вод}}$  – суммарная площадь водного зеркала бассейна,  $\text{m}^2$ .  $F_{\text{вод}} = 16,5 \text{ m}^2$ .

$t_{\text{вод}}$  – температура поверхности воды, °С.  $t_{\text{вод}} = t_w - 1 = 29 - 1 = 28^{\circ}\text{C}$ .

Итак

$$Q_{\text{вод}} = 4 \cdot 16,5 \cdot (30 - 28) = 132 \text{ Вт.}$$

### 3.7 Теплопоступления от людей (явное и полное тепло).

Люди являются источниками явной и скрытой теплоты, поэтому необходимо учитывать данную теплоту. Количество выделяемой людьми теплоты определяется по формуле.

$$Q_{\text{чел}} = N \cdot q,$$

где  $N$  – количество человек в помещении.

$q$  – количество теплоты, выделяемой взрослым мужчиной, по /7/.

При расчете следует учитывать, что женщина и ребенок выделяют меньше теплоты, чем мужчина. Поэтому считают, что выделения теплоты женщины 85%, ребенка 75% от выделений теплоты мужчины.

Итак при расчёте принимаем, что в помещении одновременно находиться, 4 мужчины, 4 женщины и 2 ребенка. При условии, что человек, выполняющий легкую работу выделяет 40 Вт явного тепла ( $q_{я}^{чел}$ ), тогда

$$Q_{я}^{чел} = (4 + 4 \cdot 0,85 + 2 \cdot 0,75) \cdot 40 = 356 \text{ Вт}$$

При условии, что человек, легкую работу выделяет 145 Вт полного тепла ( $q_{п}^{чел}$ ), тогда

$$Q_{п}^{чел} = (4 + 4 \cdot 0,85 + 2 \cdot 0,75) \cdot 145 = 1290,5 \text{ Вт}$$

### 3.8 Поступления скрытого тепла при испарении влаги.

Количество теплоты, Вт, поступающее в помещение от испаряющейся влаги, определяется из выражения

$$Q_{исп} = 0,68 \cdot W_{сум},$$

где  $W_{сум}$  – суммарные влаговыделения в помещении, г/ч, см. пункт 3.2, тогда

$$Q_{исп} = 0,68 \cdot 2875 = 1955 \text{ Вт};$$

### 3.9 Выделения людьми двуокиси углерода.

Люди при дыхании забирают из окружающего воздуха кислород, а выделяют двуокись углерода, поэтому необходимо восстанавливать используемый для дыхания кислород. Количество выделяемого людьми  $CO_2$ , определяют по формуле

$$M_{CO} = m_{CO} \cdot N$$

,где  $m_{CO}$  – количество  $CO_2$  выделяемого одним человеком, л/ч. Считается, что мужчина при выполнении легкой работы выделяет 25 л/ч.

$N$  – тоже, что и в предыдущих формулах.

Следовательно получим

$$M_{CO} = 25 \cdot (4 + 4 \cdot 0,85 + 2 \cdot 0,75) = 222,5 \text{ л/ч} = 0,2225 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

### 3.10 Итоговые результаты по выделению вредных веществ в бассейне.

Составляется итоговая таблица, в неё заносятся все полученные значения, и итоговые величины.

Таблица 3.3 – Выделение вредных веществ и теплоты в бассейне.

Период года	телопоступления, Вт										Вредн вещ	
	солн радиац		от освещен	от людей		скр от исп влаги	от нагр обх дор	пот на нагр воды в бассейне	всего		Влага, M <sub>w</sub> , г/ч	CO <sub>2</sub> , л/ч
	окна	покр		явн	полн				явн	полн		
теплый	1456	0	889,7	356	1291	1955	77,4	132	2648	5537	2875	222,5
холодн	0	0	889,7	356	1291	1955	77,4	132	1191	4081	2875	222,5

примечание: В данном помещении, в теплый период года, необходимо учитывать теплопоступления и от солнечной радиации и от освещения, т.к. данное помещение, расположено в цокольном этаже и имеет всего 2 небольших окна, что вероятнее всего, будет недостаточно для полного освещения комнаты.

### 3.11 Определение расчетных воздухообменов.

При расчёте необходимо определить для всех периодов года, необходимое количество приточного воздуха, если  $\varepsilon > 10000$ , тогда расчёт производится по явному теплу ( $Q_{\text{явн}}$ ). При расчёте по явному теплу, и по влаге (различие между величинами должно составлять не более 5%).

Определяется тепловлажностное отношение  $\varepsilon$ , кДж/кг, это отношение усвоенного (или отданного воздухом) количества тепла к количеству влаги, можно найти по формуле.

$$\varepsilon = (3600 \cdot Q_{\text{п}}) / W$$

Итак, для летнего периода тепловлажностное отношение  $\varepsilon$  будет равным,  $\varepsilon = (3600 \cdot 5537) / 2875 = 6933,3$  кДж/кг. Т.е. необходимо построить процесс на I-d диаграмме (см. приложение №1).

Температура удаляемого воздуха определяется по формуле.

$$t_y = t_b + \text{grad } t \cdot (H - h_{pz})$$

где  $H$  – высота помещения,

$h_{pz}$  – высота рабочей зоны,

$\text{grad } t$  – градиент температуры по высоте помещений, зависит от тепловой напряженности помещения ( $q$ ), который равен

$$q = Q_y / V = 2647,5 / 253,11 = 10,46 \text{ Вт/м}^2$$

Т.к.  $q > 10$ , тогда  $\text{grad } t$  – от 0,3 до 1,2, принимаем, что  $\text{grad } t = 0,5$  °С. Следовательно, температура удаляемого воздуха будет равна

$$t_y = 30 + 0,5 \cdot (3,3 - 2) = 30,65 \text{ °С},$$

Температура приточного воздуха, для ассимиляции им теплоизбытков в помещении следует принимать, как можно меньше (это сокращает необходимый воздухообмен), но следует учитывать недопустимость возникновения дискомфортных условий. Итак, температуру приточного воздуха можно определить по следующей формуле

$$t_{пр} = t_b - \Delta t = 30 - 4 = 26,$$

$\Delta t$  – принимается от 4 до 6 °С, т.к. высота помещения больше 3 метров (из условия недопустимости возникновения дискомфортных условий).

Сначала выполняется расчёт воздухообмена по полному теплу, по следующей формуле.

$$G_p = 3,6 \cdot Q_n / (I_y - I_{пр}) = 3,6 \cdot 5537 / (73,7 - 65) = 2291,2 \text{ кг/ч}$$

$I_y, I_{пр}$  – определяется по I-d диаграмме (см. приложение №1).

Далее выполняется расчёт воздухообмена по влаге, по следующей формуле.

$$G_p = M_w / (d_y - d_{пр}) = 2875 / (16,7 - 15,4) = 2211,5 \text{ кг/ч}$$

$d_y, d_{пр}$  – определяется по I-d диаграмме (см. приложение №1).

$(2291,2 - 2211,5) / 2291,2 = 3,5 \%$  - разница менее 5%.

Следовательно, расчётный воздухообмен в данном помещении будет 2291,2 кг/ч – для летнего периода.

Итак, для зимнего и переходного периода тепловлажностное отношение  $\epsilon$  будет равным.  $\epsilon = (3600 \cdot 4081) / 2875 = 5110$  кДж/кг. Т.е. необходимо построить процесс на I-d диаграмме (см. приложение №2).

Температура удаляемого воздуха определяется по формуле.

$$t_y = t_b + \text{grad } t \cdot (H - h_{pz})$$

где  $H$  – высота помещения,

$h_{pz}$  – высота рабочей зоны,

$\text{grad } t$  – градиент температуры по высоте помещений, зависит от тепловой напряженности помещения ( $q$ ), который равен

$$q = Q_{\text{я}} / V = 1191,1 / 253,11 = 4,7 \text{ Вт/м}^2$$

Т.к.  $q < 10$ , тогда  $\text{grad } t$  – от 0 до 0,5, принимаем, что  $\text{grad } t = 0,2$  °С. Следовательно, температура удаляемого воздуха будет равна

$$t_y = 30 + 0,2 \cdot (3,3 - 2) = 30,26 \text{ °С},$$

Температура приточного воздуха, для ассимиляции им теплоизбытков в помещении следует принимать, как можно меньше (это сокращает необходимый воздухообмен), но следует учитывать недопустимость возникновения дискомфортных условий. Итак, температуру приточного воздуха можно определить по следующей формуле

$$t_{\text{пр}} = t_b - \Delta t = 30 - 4 = 26,$$

$\Delta t$  – принимается от 4 до 6 °С, т.к. высота помещения больше 3 метров (из условия недопустимости возникновения дискомфортных условий).

Сначала выполняется расчёт воздухообмена по полному теплу, по следующей формуле.

$$G_p = 3,6 \cdot Q_{\text{п}} / (I_y - I_{\text{пр}}) = 3,6 \cdot 4081 / (73 - 63,9) = 1614,5 \text{ кг/ч}$$

$I_y, I_{\text{пр}}$  – определяется по I-d диаграмме (см. приложение №2).

Далее выполняется расчёт воздухообмена по влаге, по следующей формуле.

$$G_p = M_w / (d_y - d_{пр}) = 2875 / (16,6 - 14,8) = 1597,2 \text{ кг/ч}$$

$d_y, d_{пр}$  – определяется по I-d диаграмме (см. приложение №2).

$$(1614,5 - 1597,2) / 1614,5 = 1,07 \% \text{ - разница менее } 5\%.$$

Следовательно, расчётный воздухообмен в данном помещении будет 1639,1 кг/ч – для зимнего периода.

В итоге расчётный воздухообмен в данном помещении принимается равным большему из значений, т.е. **2291,2 кг/ч или 2010 м<sup>3</sup>/ч.**

Поскольку система работает с постоянной производительностью, то для того, чтобы удалять расчётное значение  $Q_{явн}$  в зимний период при увеличенном теплообмене необходимо повысить температуру притока.

$$t_{пр} = t_y - 3,6 \cdot Q_{явн} / (G_p \cdot C) = 30,26 - 3,6 \cdot 1191 / (2291,2 \cdot 4,187) = 28,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

Обязательно, делается проверка на воздухообмены по  $\text{CO}_2$  и по санитарной норме. Величина требуемого воздухообмена по  $\text{CO}_2$  ( $G_{\text{CO}_2}$ ), равна

$$G_{\text{CO}_2} = M_{\text{CO}_2} / (c_y / \rho_y - c_{пр} / \rho_{пр}) = 222,5 / (3,45 / 1,12 - 0,4 / 1,14) = 81,52 \text{ кг/ч,}$$

где  $M_{\text{CO}_2}$  – количество выделяемого в помещение углекислого газа определяется из расчёта пункт 3.9.

$c_y$  – допустимая концентрация  $\text{CO}_2$  в удаляемом воздухе, 3,45 г/м<sup>3</sup>

$\rho_y$  – плотность удаляемого воздуха, 1,12 кг/м<sup>3</sup>,

$c_{пр}$  – концентрация  $\text{CO}_2$  наружного воздуха, 0,4 г/м<sup>3</sup>

$\rho_{пр}$  – плотность приточного воздуха, 1,14 кг/м<sup>3</sup>,

Величина требуемого воздухообмена по санитарной норме, равна

$$G_p = L_{\text{сн}} \cdot N \cdot \rho_{пр} = 20 \cdot 10 \cdot 1,14 = 228 \text{ кг/ч}$$

где  $L_{\text{сн}}$  – требуемый расход на одного человека. Принимается, равным 20 м<sup>3</sup>/ч.

#### 4 Альтернативная методика расчёта необходимых воздухообменов в помещении бассейна (по рекомендациям, книги Кокорина, Современные системы кондиционирования).

При проектировании помещений плавательных бассейнов, можно говорить о следующих рекомендациях. Температура воды в бассейне в холодный период года должна быть ниже 25 °С, а летом не должна быть выше 27 °С. Температура воздуха поддерживается на 1-2 °С выше температуры воды, при относительной влажности 50-60%.

Наличие открытой поверхности воды приводит к поступлению большого количества водяных паров. Количество паров поступающих в воздух помещения можно определить по опытной формуле, полученной финскими специалистами применительно к особенностям функционирования плавательных бассейнов:

$$W_{ис} = [A \cdot F \cdot \sigma_{ис} \cdot (d_w - d_v)] / 1000,$$

где А – опытный коэффициент;

F – площадь открытой поверхности воды, по проекту F = 16,5 м<sup>2</sup>;

$\sigma_{ис}$  – коэффициент испарения, кг/(м<sup>2</sup>·ч) на 1 кг влаги;

$d_w, d_v$  – влагосодержание соответственно насыщенного воздуха и воздуха в зоне нахождения людей (определяется по I-d диаграмме).

Опытный коэффициент А учитывает интенсификацию испарения с поверхности воды площадью F (из-за изменения протекания испарения при наличии купающихся) по сравнению с испарением со спокойной поверхности воды. По экспериментальным данным коэффициент можно принять А = 1,5.

Коэффициент испарения  $\sigma_{ис}$  можно найти по следующей опытной формуле:

$$\sigma_{ис} = 25 + 19 \cdot v,$$

где v – скорость движения воздуха (над поверхностью воды для теплового комфорта плавающих людей скорость не должна быть выше 0,1 м/с).

Итак, получаем следующие результаты.

$$\sigma_{ис} = 25 + 19 \cdot 0,1 = 26,9 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч на 1 кг влаги.}$$

Принимаем в летний период температуру воды  $27^{\circ}\text{C}$ , а температуру воздуха  $28^{\circ}\text{C}$  при влажности 60%, на I-d диаграмме находим  $d_w = 23,3$  г/кг (точка W), и  $d_b = 14,6$  г/кг (точка B).

Тогда можем определить количество испаряющейся влаги при использовании бассейна.

$$W_{\text{ис}} = 1,5 \cdot 16,5 \cdot 26,9 \cdot (23,3 - 14,6) / 1000 = 5,8 \text{ кг/ч.}$$

На испарение воды затрачивается количество теплоты, которое поступает из воздуха при наличии разницы температур ( $t_b - t_w$ ) в сторону воды, а также количество теплоты, отдаваемое горячей водой в водо-водяном нагревателе. Поток теплоты, затрачиваемой на испарение воды  $Q_{\text{ис}}$ , вычисляются по формуле:

$$Q_{\text{ис}} = W_{\text{ис}} \cdot r,$$

где  $r$  – скрытая теплота парообразования, которую можно определить по следующей формуле, зная температуру воды.

$$r = 2500 - 4,2 \cdot t_w = 2500 - 4,2 \cdot 27 = 2387 \text{ кДж/кг.}$$

$$\text{Тогда: } Q_{\text{ис}} = 5,8 \cdot 2387 = 13845 \text{ кДж/ч} = 13845 / 3,6 = 3846 \text{ Вт.}$$

На I-d диаграмме представлено построение расчетного режима работы системы микроклимата бассейна в летний период года. Для удаления из помещения использующихся водяных паров используется наружный воздух с параметрами  $t_n = 28^{\circ}\text{C}$ ,  $I_n = 56,6$  кДж/кг. В зоне плавания, поддерживаются параметры точки B:  $t_n = 28^{\circ}\text{C}$  и  $\phi_B = 60\%$ .

В целях увеличения поглотительной способности приточного воздуха, рационально подавать приточный воздух с малыми скоростями непосредственно в зону нахождения людей, а удалять воздух из верхней зоны под потолком помещения. Влажный воздух легче сухого.

Для нахождения влагосодержания  $d_y$  удаляемого воздуха при расходе  $L_y$  можно использовать следующую формулу:

$$d_y = d_b + K_d \cdot (d_b - d_n),$$

где  $d_v$ ,  $d_n$  – влагосодержание соответственно внутреннего и приточного воздуха (г/кг).

$K_d$  – коэффициент эффективности организации воздухообмена. Для принятой схемы притока воздуха в зону нахождения людей и вытяжки по потолком этот показатель может быть принят равным  $K_d = 1,6$ .

Тогда  $d_y$  будет равен.

$$d_y = 14,6 + 1,6 \cdot (14,6 - 11,1) = 20,2 \text{ г/кг.}$$

Тогда на I-d диаграмме строим точку У с параметрами  $d_y = 20,2$  г/кг,  $t_v = t_y = 28$  °С.

Согласно расчету для поглощения влаговыделений в помещениях плавательных бассейнов в зону нахождения людей необходимо подавать следующее количество приточного наружного воздуха:

$$L_{п.н.} = [W_{ис} \cdot 1000] / [p_{п.н.} \cdot (d_y - d_n)] = 5,8 \cdot 1000 / 1,14 \cdot (20,2 - 11,1) = 559 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

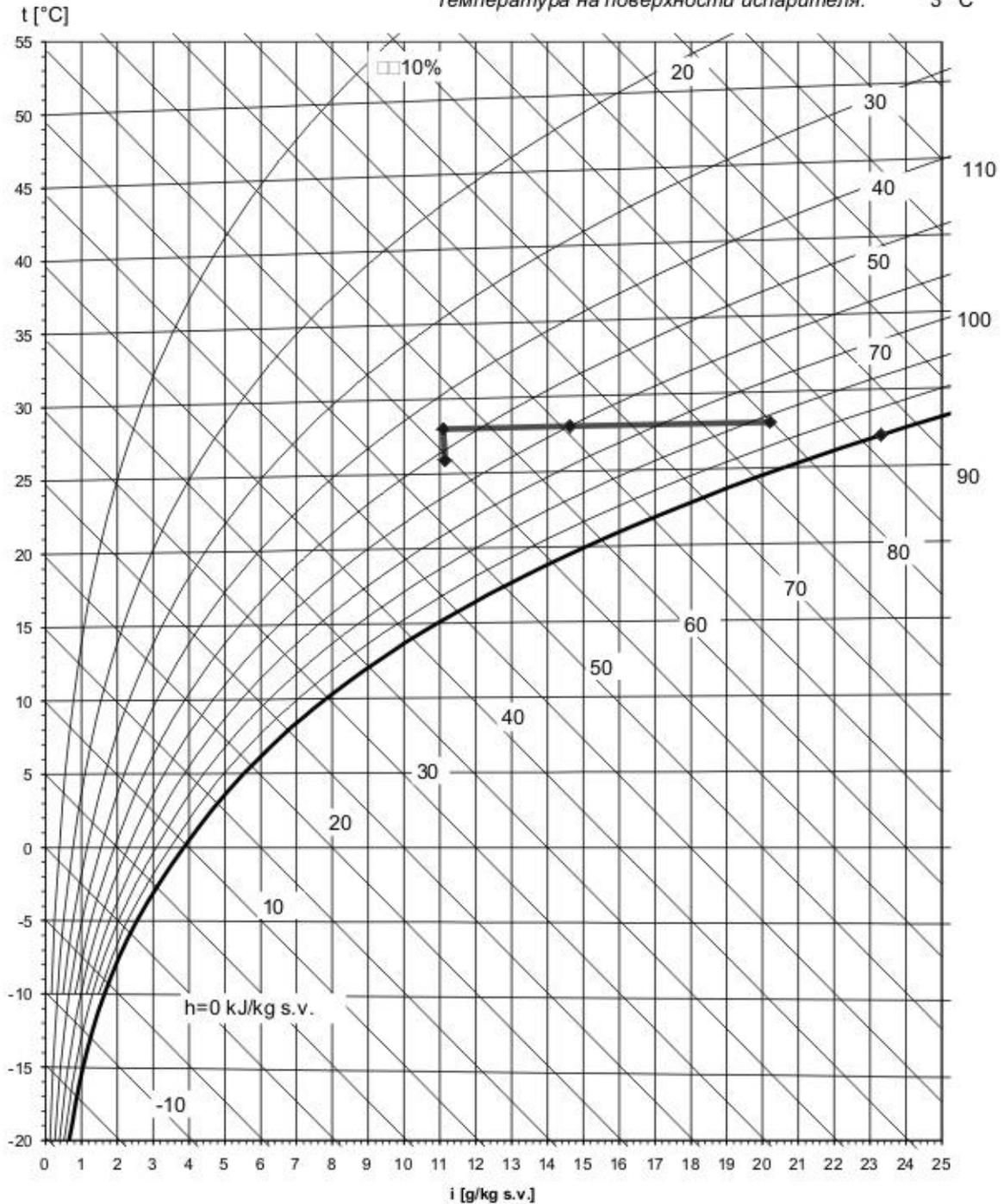
Подобным способом рассчитывается режим работы для зимнего периода.

Психрометрическая I-d диаграмма  
(Диаграмма Молье)

Атмосферное давление: 98,8 кПа

Макс. Допустимая влажность: 100 %

Температура на поверхности испарителя: 3 °C



			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			H'	H	B	У	W					
Температура	t	°C	25,9	28,0	28,0	28,0	27,0					
Влажность		%	52%	46%	60%	82%	100%					
Влажесодержание	x	g/kg s.v.	11,1	11,1	14,6	20,2	23,3					
Энтальпия	h	kJ/kg s.v.	54,6	56,6	65,6	79,9	86,7					
Плотность		kg/m3	1,14	1,14	1,13	1,13	1,13					
Темп. влажн. терм	tv	°C	18,8	19,5	22,0	25,5	27,0					
Расход	Vs	m3/h	0	0	0	0	0					
Расход*	Vn	m3/h	0	0	0	0	0					
Мощность	P	kW		0,0	0,0	0,0						
Влажоприток	qw	kg/h		0,0	0,0	0,0						

Рисунок 1 – Расчётный режим работы.

## 5 Подбор оборудования.

В данном проекте, используем приточные камеры, производства фирмы «Веза». Подбор оборудования производим с помощью программы «КЦКП».

Кондиционеры предназначены для применения в системах воздушного отопления, кондиционирования воздуха и вентиляции промышленных и гражданских зданий.

Кондиционеры КЦКП позволяют осуществлять все процессы обработки воздуха: фильтрацию, нагрев, охлаждение, осушку, увлажнение, рекуперацию и регенерацию

тепла и холода, шумоглушение, дезинфекцию (обеззараживание воздуха) и поддерживать в обслуживаемом помещении искусственный климат с заданными параметрами.

Кондиционеры могут поставляться с приборами автоматики и управления собственной сборки.

Принятая технология обработки воздуха в сочетании с надлежащей автоматикой, обеспечивает точность регулирования параметров, расширяет диапазон применения кондиционеров и дает возможность в каждом конкретном случае обеспечить оптимальные энергетические и экономические затраты.

Для удобства подбора кондиционеров разработана специальная компьютерная программа «КЦКП».

Подбор оборудования производим для двух случаев (для каждого из вариантов расчёта). В первом случае подбираем установку КЦКП с двумя ступенями нагрева и увлажнительной камерой. Более затратная схема, но обеспечивающая максимальное приближение к заданным параметрам. Во втором случае, используем компактную установку ККП для небольших расходов воздуха. Более экономичная схема, потому что сама методика ориентированна на минимальные финансовые расходы, расчёт производится исключительно для удаления излишков влаги. Более оптимальная в данном случае, т.к. проектируется жилой многоквартирный дом, нет необходимости в создании сложной и дорогой установки.

### **5.1 Первый вариант приточной установки.**

В первом случае, подбираем установку – КЦКП-3,15, с расчётным расходом воздуха 2010 м<sup>3</sup>/ч. Спецификацию и описание установки смотри в приложении 3. Подбор произведен с помощью программы «КЦКП», при заданных граничных условиях, подбираем каждый из блоков всей установки.

Достоинствами данной схемы, является постоянное поддержание заданного режима в помещении бассейна, хорошая регулируемость системы и адекватные реакции на изменения наружной температур.

Недостатками же, является дороговизна и внушительные размеры, т.е. громоздкость данной установки.

### **5.2 Второй вариант приточной установки.**

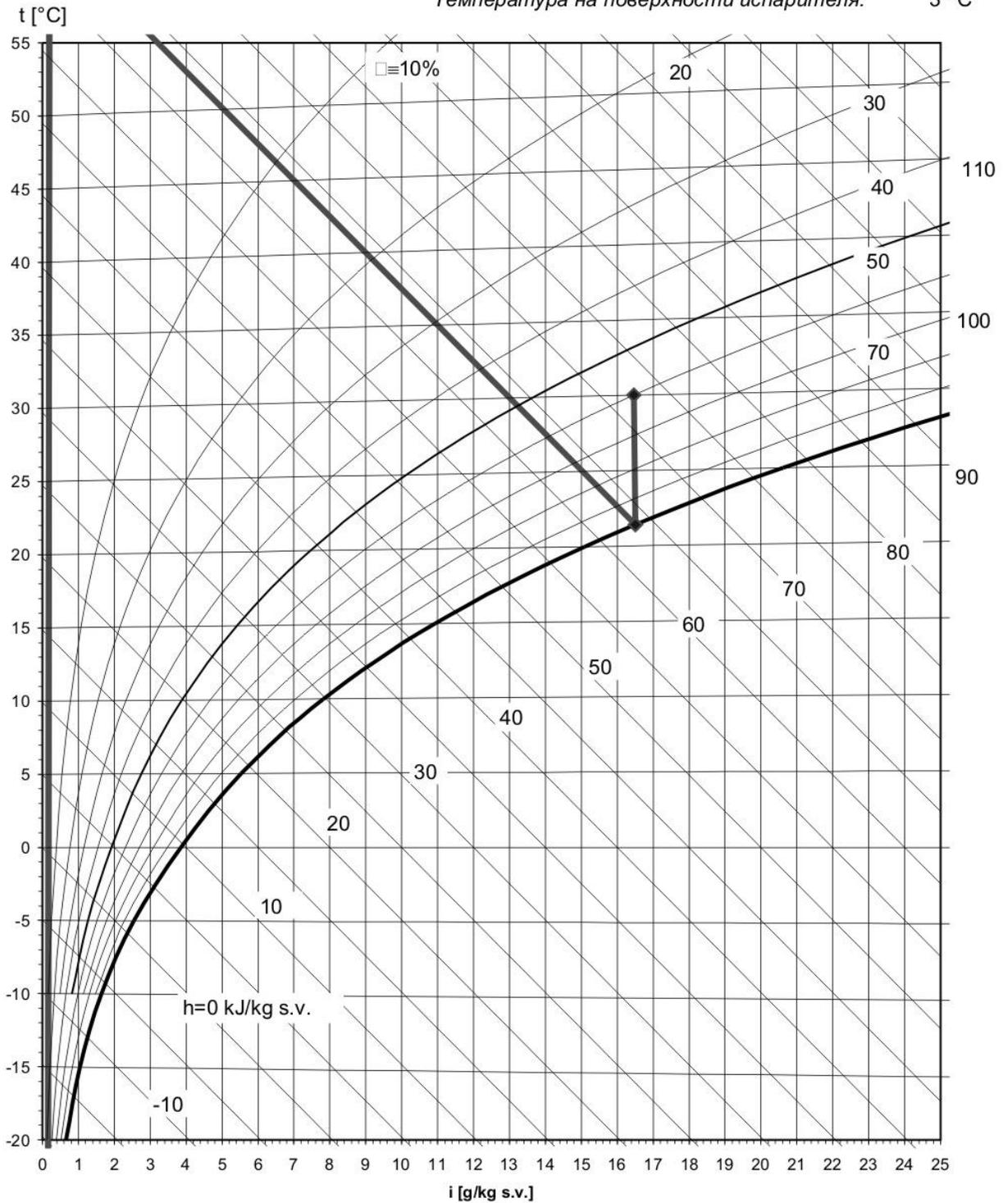
В данном случае, подбираем компактную установку (ККП). Подбор производим, с помощью всё той же программы «КЦКП». Описание установки смотри в приложении 4. Данная установка, значительно более простая, небольшая и дешевая. Считаю, что это является лучшим решением, в рассматриваемой проблеме.

### **5.3 Применение программы “КЦКП”.**

Программа «КЦКП», позволяет быстро и достаточно точно подобрать необходимое оборудование. По расходу воздуха, сначала определяются основные типо-размеры, проектируемой установки, в некоторых случаях, предлагается выбрать из нескольких вариантов – оптимальный. Далее подбирается оборудование, которое необходимо в этой установке: приточный клапан, фильтры, калорифер (различные виды), форсуночная камера, возможна вторая подогревающая ступень, охлаждающее устройство, теплообменник утилизирующий тепло удаляемого воздуха, вентилятор, итд.

Психрометрическая I-d диаграмма  
(Диаграмма Молье)

Атмосферное давление: 98,8 кПа  
 Макс. Допустимая влажность: 100 %  
 Температура на поверхности испарителя: 3 °С



			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			H	П1	П2	В						
Температура	t	°С	-34,0	62,5	21,4	30,0						
Влажность	φ	%	100%	0%	100%	60%						
Влажосодержание	x	g/kg s.v.	0,2	0,2	16,5	16,5						
Энтальпия	h	kJ/kg s.v.	-34,0	63,6	63,6	72,4						
Плотность	ρ	kg/m3	1,44	1,03	1,16	1,12						
Темп.влажн.терм	tv	°С	-34,0	21,4	21,4	23,7						

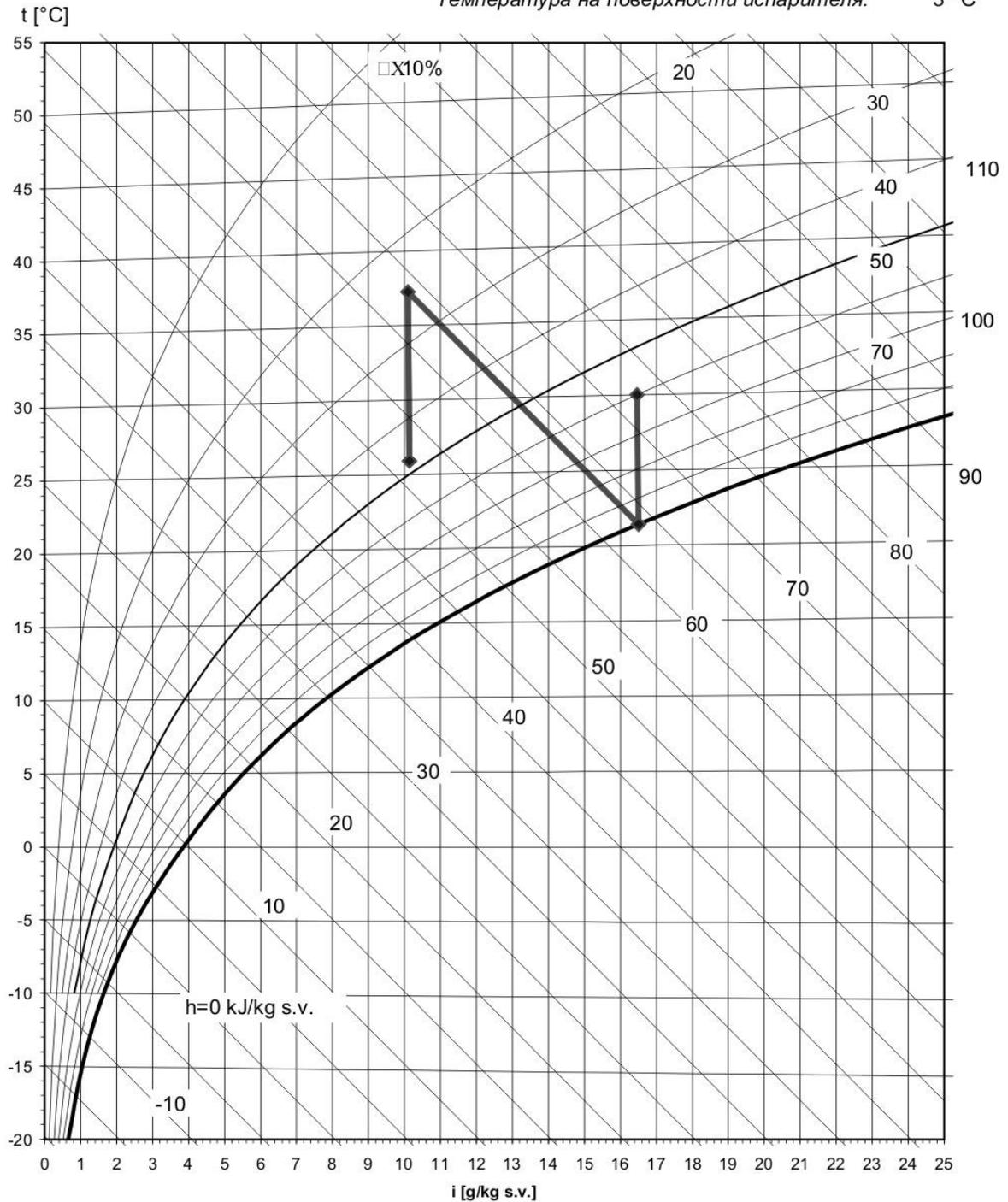
рисунок 2 – Изображение процессов, протекающих в установке (зимний период).

Психрометрическая I-d диаграмма  
(Диаграмма Молье)

Атмосферное давление: 98,8 кПа

Макс. Допустимая влажность: 100 %

Температура на поверхности испарителя: 3 °C



			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			H	П1	П2	В						
Температура	t	°C	25,9	37,3	21,4	30,0						
Влажность	φ	%	47%	25%	100%	60%						
Влагосодержание	x	g/kg s.v.	10,1	10,1	16,5	16,5						
Энтальпия	h	kJ/kg s.v.	52,0	63,6	63,6	72,4						
Плотность	ρ	kg/m <sup>3</sup>	1,14	1,10	1,16	1,12						
Темп.влажн.терм	tv	°C	18,1	21,4	21,4	23,7						

Рисунок 3 – Изображение процессов, протекающих в установке (летний период)

## Библиография

1. СНиП 41-01-2003 “Отопление и вентиляция”.
2. СНиП 21-01-99 “Строительная климатология”.
3. СНиП 31-02-2001 “Дома жилые многоквартирные”.
4. СП 31-106-2002 “Проектирование и строительство инженерных систем многоквартирных жилых домов”.
5. СНиП 31-01-2003 “Здания жилые многоквартирные”.
6. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 3, М 1992.
7. Таблицы для расчёта тепла, влаги и углекислого газа, поступающих в помещение гражданских и общественных зданий.
8. Кондиционирование и холодоснабжение: Учебник для вузов / В.Н. Богословский, О.Я. Кокорин, Л.В. Петров; Под ред. Богословского В.Н. – М.: Стройиздат, 1985. – 367 с., ил.
9. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3ч. Ч.III кн.2. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Б.В. Баркалов, Н.Н. Павлов, С.С. Амирджанов и др.; Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 416 с.: ил. – (Справочник проектировщика).
10. Баркалов Б.В., Карпис Е.Е. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. – 2-е издание, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1982. – 312 с.