

Подбор осушителей для плавательных бассейнов

Для достижения наиболее экономичных и комфортных условий в бассейне необходимо, чтобы температура воздуха была выше температуры воды на 1 – 3 °С. Как правило, для помещения бассейна устанавливаются следующие параметры: температура воздуха 28 – 30 °С, температура воды 25 – 28 °С, относительная влажность воздуха 60 – 65%. Температура воды в лечебных бассейнах (SPA) поддерживается на уровне 32 – 37 °С. В бассейнах общего назначения согласно табл. 25 СНиП 2.08.02-89 * нормативное значение температуры водной поверхности составляет 26 °С. Температура воздуха должна быть на 1 – 2 °С выше температуры воды. Согласно п. 3.38 упомянутого СНиП рекомендуется к использованию при проведении теплотехнических расчетов значение относительной влажности равное 67%.

Испарение влаги с зеркала водной поверхности в бассейнах, а также с поверхности сырых и мокрых материалов и предметов, используемых в помещении, является основным фактором, влияющим на влажность окружающего воздуха. Интенсивность испарения зависит от площади водной поверхности, температуры воды, влажности воздуха, скорости воздушного потока и активности купающихся. Для расчета количества испаряющейся влаги существует достаточно много расчетных формул. Как показывает практика, наиболее полно учитывают изменения условий испарения влаги в закрытых бассейнах эмпирические зависимости, выведенные на основе измерений, проведенных

в помещениях действующих бассейнов Ассоциацией немецких инженеров (формула стандарта VDI 2089) и британскими специалистами (формула Бязина-Крумме).

ФОРМУЛА СТАНДАРТА VDI 2089

Интенсивность испарения рассчитывается следующим образом:

$$W = \varepsilon \cdot S \cdot (P_{\text{нас}} - P_{\text{уст}}), \text{ г/ч,}$$

где:

- S – площадь водной поверхности бассейна, м²;
- $P_{\text{нас}}$ – давление водяных паров насыщенного воздуха при температуре воды в бассейне, мбар (см. Приложение);
- $P_{\text{уст}}$ – парциальное давление водяных паров при заданных температуре и влажности воздуха, мбар (см. Приложение);
- ε – эмпирический коэффициент, г/(м² · ч · мбар):
 - 0,5 – закрытая поверхность бассейна,
 - 5 – неподвижная поверхность бассейна,
 - 15 – небольшие частные бассейны с ограниченным количеством купающихся,
 - 20 – общественные бассейны с нормальной активностью купающихся,
 - 28 – бассейны для отдыха и развлечений,
 - 35 – бассейны с водяными горками и значительным волнообразованием.

Таблица 1. Интенсивность испарения для частных бассейнов, г/м²

Температура воды, °С	Температура воздуха, °С	24		25		26		27		28		29		30	
		Относительная влажность, %		Относительная влажность, %		Относительная влажность, %		Относительная влажность, %		Относительная влажность, %		Относительная влажность, %		Относительная влажность, %	
		50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60
22		149,5	110,5	136,5	97,5	124,8	81,9	110,5	66,3						
23		171,6	132,6	158,6	119,6	146,9	104,0	132,6	88,4	119,6	70,2				
24		195,0	156,0	182,0	143,0	170,3	127,4	156,0	111,8	143,0	93,6	128,7	76,7		
25				204,1	165,1	192,4	149,5	178,1	133,9	165,1	115,7	150,8	98,8	135,2	79,3
26						218,4	175,5	204,1	159,9	191,1	141,7	176,8	124,8	161,2	105,3
27								230,1	185,9	217,1	167,7	202,8	150,8	187,2	131,
28										244,4	195,0	230,1	178,1	214,5	160,3
29												260,0	208,0	244,4	188,5
30														275,6	219,7

Таблица 2. Интенсивность испарения для больших общественных бассейнов, г/м²

Температура воды, °С	Температура воздуха, °С	24		25		26		27		28		29		30	
		Относительная влажность, %		Относительная влажность, %		Относительная влажность, %		Относительная влажность, %		Относительная влажность, %		Относительная влажность, %		Относительная влажность, %	
		50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60
22		204	182	197	174	190	165	182	156						
23		217	194	209	187	203	178	194	169	187	158				
24		230	108	223	200	216	191	208	182	118	172	192	162		
25				235	213	229	204	221	195	213	185	205	175	196	194
26						244	219	236	210	228	200	220	190	211	179
27								250	223	243	215	235	205	226	194
28										259	230	250	221	241	209
29												268	238	259	227
30														277	244

ПРИЛОЖЕНИЕ

Пример. Частный бассейн

Зеркало бассейна 20 x 5 м $S = 100 \text{ м}^2$
 Температура воды 28 °C (100% отн. вл.) $P_{нас} = 37,78 \text{ мбар}$
 Температура воздуха 30 °C (60% отн. вл.) $P_{уст} = 25,45 \text{ мбар}$
 Интенсивность испарения

$$W = 13 \cdot 100 \cdot (37,78 - 25,45) = 16 \text{ 029 г/ч} = 16 \text{ л/ч}$$

В табл. 1 приведены значения интенсивности испарения с 1 м² поверхности бассейна, полученные на основании формулы стандарта VDI 2089 при $\varepsilon = 13$.

ФОРМУЛА БЯЗИНА-КРУММЕ

Для периода, когда в бассейне находятся купающиеся:

$$W_{отк} = (0,118 + 0,01995 \cdot a \cdot (P_{нас} - P_{уст})/1,333) \cdot S, \text{ л/ч.}$$

Для периода, когда в бассейне нет купающихся (поверхность воды зашторена или заполнена плавающими шарами/плотиками):

$$W_{закр} = (-0,059 + 0,0105 \cdot (P_{нас} - P_{уст})/1,333) \cdot S, \text{ л/ч;}$$

где:

$P_{нас}$ – давление водяных паров насыщенного воздуха при температуре воды в бассейне, мбар;

$P_{уст}$ – давление водяных паров насыщенного воздуха при заданных температуре и влажности воздуха, мбар;

a – коэффициент занятости бассейна людьми:

- 1,5 – для игровых бассейнов с активным волнообразованием,
- 0,5 – для больших общественных бассейнов,
- 0,4 – для бассейнов отелей,
- 0,3 – для небольших частных бассейнов.

Пример. Большой общественный бассейн

Зеркало бассейна 25 x 12 м $S = 300 \text{ м}^2$
 Температура воды 26 °C (100 % отн. вл.) $P_{нас} = 37,78 \text{ мбар}$
 Температура воздуха 28 °C (60 % отн. вл.) $P_{уст} = 25,45 \text{ мбар}$
 Расход свежего воздуха $V_{возд} = 3000 \text{ м}^3/\text{ч}$
 Плотность воздуха $1,2 \text{ кг/м}^3$
 Влажосодержание вытяжного воздуха $x_1 = 14,3 \text{ г/кг}$
 Влажосодержание наружного воздуха $x_2 = 11,6 \text{ г/кг}$
 Интенсивность испарения в режиме присутствия купающихся:

$$W_{отк} = (0,118 + 0,01995 \cdot 0,5 \cdot (33,6 - 22,7)/1,333) \cdot 300 = 59,9 \text{ л/ч}$$

Количество влаги, удаляемой посредством вентиляции:

$$W_{вент} = 3000 \cdot 1,2 \cdot (14,3 - 11,6) = 9720 \text{ г/ч} = 9,7 \text{ л/ч.}$$

Следовательно, производительность осушителя должна составить:

$$W_{осуш} = 59,9 - 9,7 = 50,2 \text{ л/ч.}$$

В табл. 2 приведены значения интенсивности испарения с 1 м² поверхности бассейна, полученные на основании формулы Бязина-Крумме при $a = 0,5$.

Упрощенный подбор осушителей

Для правильного подбора осушителя необходимо учитывать целый комплекс факторов, влияющих на интенсивность испарения влаги в помещении:

- температура, влажность и расход приточного воздуха;
- кратность воздухообмена (естественного и принудительного);
- объем помещения;
- требуемые параметры воздуха в помещении;
- влажность хранящихся в помещении материалов, влажность конструктивных элементов здания;
- продолжительность процесса сушки и т.д.

Для приблизительной оценки требуемого режима осушения и предварительного подбора осушителей Dantherm достаточно воспользоваться эмпирическими формулами с учетом соблюдения двух основных требований:

1. Осушение производится в закрытом помещении.
2. Температура в помещении соответствует диапазону рабочих температур данного осушителя.

ПРИБЛИЗИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ ТРЕБУЕМОГО РЕЖИМА ОСУШЕНИЯ (см. табл. 3)

Обозначения: Q – требуемый влагосъем, л/ч;
 V – объем помещения, м³;
 $V_{др}$ – объем осушаемой древесины, м³;
 $\rho_{др}$ – плотность осушаемой древесины, кг/м³;
 S – площадь зеркала бассейна, м².

Компания Dantherm Air Handling разработала специализированную программу подбора осушителей исходя из условий их использования и требований, предъявляемых к осушаемому воздуху (предоставляется по запросу).

Таблица 3. Приблизительный расчет требуемого режима осушения

Область применения	Требуемый влагосъем, л/ч	Условия
Сухое хранение (склады)	$Q = V \cdot (1,2 \cdot 10^{-3})$	Кратность воздухообмена – 0,3 Скорость осушения – 2,5 (г/м ³)/ч Температура воздуха – 20 °C
Осушение воздуха жилых помещений	$Q = V \cdot (1,5 \cdot 10^{-3})$	Кратность воздухообмена – 0,5 Скорость осушения – 2,5 (г/м ³)/ч Температура воздуха – 20 °C
Просушка зданий	$Q = V \cdot (2,0 \cdot 10^{-3})$	Кратность воздухообмена – 0,3 Скорость осушения (с учетом испарения влаги из промокших материалов) – 3,2 (г/м ³)/ч Температура воздуха – 20 °C Период просушки – 8 дней
Сушка древесины	$Q = V_{др} \cdot \rho_{др} \cdot (0,4 \cdot 10^{-3})$	Герметичная сушильная камера Температура воздуха – 25 – 30 °C Относительная влажность воздуха – 30 – 40% Скорость осушения – 1% влажосодержания древесины в сутки
Технологическая сушка	Расчет по Id-диаграмме	В соответствии с параметрами технологического процесса производства
Осушение плавательных бассейнов	Частные бассейны до 50 м ² (с защитным покрытием, при ограниченной нагрузке): $Q = S \times 0,1$ Общественные бассейны свыше 50 м ² (без защитного покрытия, при нормальной нагрузке): $Q = S \times 0,25$	Приток наружного воздуха – $(10 \cdot S)$, м ³ /ч Температура воздуха – $(t_{воды} + 2)$, °C Относительная влажность воздуха – 60%

Физические параметры воздуха (при атмосферном давлении 1013 мбар)

Температура воздуха	Плотность сухого воздуха	Плотность насыщенного воздуха	Давление водяного пара при насыщенном воздухе	Влагодержание насыщенного воздуха	Энтальпия насыщенного воздуха
°С	кг/м ³	кг/м ³	мбар	г/кг	кДж/кг
-20	1,396	1,395	1,03	0,63	-18,5
-19	1,394	1,393	1,13	0,70	-17,4
-18	1,385	1,384	1,25	0,77	-16,4
-17	1,379	1,378	1,37	0,85	-15,0
-16	1,374	1,373	1,50	0,93	-13,8
-15	1,368	1,367	1,65	1,01	-12,5
-14	1,363	1,362	1,81	1,11	-11,3
-13	1,358	1,357	1,98	1,22	-10,0
-12	1,353	1,352	2,17	1,34	-8,7
-11	1,348	1,347	2,37	1,46	-7,4
-10	1,342	1,341	2,59	1,60	-6,0
-9	1,337	1,336	2,83	1,75	-4,6
-8	1,332	1,331	3,09	1,91	-3,2
-7	1,327	1,325	3,38	2,08	-1,8
-6	1,322	1,320	3,68	2,27	-0,3
-5	1,317	1,315	4,01	2,47	+1,2
-4	1,312	1,310	4,37	2,69	2,8
-3	1,308	1,306	4,75	2,94	4,4
-2	1,303	1,301	5,17	3,19	6,0
-1	1,298	1,295	5,62	3,47	7,8
0	1,293	1,290	6,11	3,78	9,5
1	1,288	1,285	6,56	4,07	11,3
2	1,284	1,281	7,05	4,37	13,1
3	1,279	1,275	7,57	4,70	14,9
4	1,275	1,271	8,13	5,03	16,8
5	1,270	1,266	8,72	5,40	18,7
6	1,265	1,261	9,35	5,79	20,7
7	1,261	1,256	10,01	6,21	22,8
8	1,256	1,251	10,72	6,65	25,0
9	1,252	1,247	11,47	7,13	27,2
10	1,248	1,242	12,27	7,63	29,5
11	1,243	1,237	13,12	8,15	31,9
12	1,239	1,232	14,01	8,75	34,4
13	1,235	1,228	15,00	9,35	37,0
14	1,230	1,223	15,97	9,97	39,5
15	1,226	1,218	17,04	10,60	42,3
16	1,222	1,214	18,17	11,40	45,2
17	1,217	1,208	19,36	12,10	48,2
18	1,213	1,204	20,62	12,90	51,3
19	1,209	1,200	21,90	13,80	54,5
20	1,205	1,195	23,37	14,70	57,9

Температура воздуха	Плотность сухого воздуха	Плотность насыщенного воздуха	Давление водяного пара при насыщенном воздухе	Влагодержание насыщенного воздуха	Энтальпия насыщенного воздуха
°С	кг/м ³	кг/м ³	мбар	г/кг	кДж/кг
21	1,201	1,190	24,05	15,60	61,4
22	1,197	1,185	26,42	16,60	65,0
23	1,193	1,181	28,08	17,70	68,8
24	1,189	1,176	29,82	18,80	72,8
25	1,185	1,171	31,67	20,00	76,9
26	1,181	1,166	33,60	21,40	81,3
27	1,177	1,161	35,64	22,60	85,8
28	1,173	1,156	37,78	24,00	90,5
29	1,169	1,151	40,04	25,60	95,4
30	1,165	1,146	42,41	27,20	100,5
31	1,161	1,141	44,91	28,80	106,0
32	1,157	1,136	47,53	30,60	111,7
33	1,154	1,131	50,29	32,50	117,6
34	1,150	1,126	53,18	34,40	123,7
35	1,146	1,121	56,22	36,60	130,2
36	1,142	1,116	59,40	38,80	137,0
37	1,139	1,111	62,74	41,40	144,2
38	1,135	1,107	66,24	43,50	151,6
39	1,132	1,102	69,91	46,00	159,5
40	1,128	1,097	73,75	48,80	167,7
41	1,124	1,091	77,77	51,70	176,4
42	1,121	1,086	81,96	54,80	185,5
43	1,117	1,081	86,39	58,00	195,0
44	1,114,	1,076	91,00	61,30	205,0
45	1,110	1,070	95,82	65,00	218,6
46	1,107	1,065	100,85	68,90	226,7
47	1,103	1,059	106,12	72,80	238,4
48	1,100	1,054	111,62	77,00	250,7
49	1,096	1,048	117,36	81,50	263,6
50	1,093	1,043	123,35	86,20	277,3
55	1,076	1,013	157,41	114,00	357,7
60	1,060	0,981	199,17	152,00	464,5
65	1,044	0,946	250,10	204,00	609,2
70	1,029	0,909	311,60	276,00	811,1
75	1,014	0,868	385,50	382,00	1105,7
80	1,000	0,823	473,60	545,00	1563,0
85	0,986	0,773	578,00	826,00	2351,0
90	0,973	0,718	701,10	1400,00	3983,0
95	0,959	0,656	845,20	3120,00	9190,0
100	0,947	0,589	1013,00	–	–