

Проектирование систем вентиляции для закрытых бассейнов в коттеджах

В. П. Харитонов, доктор техн. наук, профессор МГТУ им. Н. Э. Баумана, лектор мастер-класса АВОК

Проектирование вентиляции воздушного пространства закрытого бассейна в частном коттедже принципиально отличается от проектирования общеобменной вентиляции в том же доме.

*Общеобменная вентиляция применяется обычно для решения двух задач:
– поддержание приемлемого газового состава и качества внутреннего воздуха (концентрация любого компонента среды не должна превышать ПДК);
– ассимиляция внутренних теплоизбытков наружным воздухом.*

У вентиляции закрытого бассейна другие приоритеты: главной задачей становится поддержание относительной влажности внутренней среды в приемлемых пределах, а остальные проблемы (газовый состав и теплоизбытки) решаются попутно, с меньшими затруднениями. Кроме того, существуют специфические требования к вентиляции бассейна, обусловленные тем, что люди могут находиться в бассейне в раздетом виде.

Нормативные требования и рекомендации по проектированию

В частных коттеджах на стадии проектирования следует принимать температуру воды в соответствии с российскими нормами [1–4] на уровне 30–32 °С, а температуру воздуха на 1–2 °С выше температуры воды. Европейскими стандартами [5, 6] рекомендуется температура воды для плавательных бассейнов 28 °С, а температура воздуха – на 2–4 °С выше температуры воды, но не выше 34 °С. Верхний допустимый предел относительной влажности установлен равным 65 %, интенсивность воздухообмена – по расчету, но не менее 80 м³/ч на одного купающегося, скорость движения воздуха не более 0,2 м/с.

Согласно нормативным документам системы воздухообмена в залах ванн бассейнов должно исключать образование застойных зон при преобладании вытяжки над притоком в объеме не более 0,5-кратного обмена. Система вентиляции – приточно-вытяжная с механическим побуждением, автономная, самостоятельная (не связанная с системой вентиляции остальной части коттеджа). Для залов ванн рекомендуется подбирать вентиляционные установки из расчета их работы в двух режимах: самостоятельные приточные и вытяжные установки, предназначенные только для нерабочего периода бассейна, и дополнительные установки, которые совместно с первыми должны в период работы бассейна обеспечить расчетный воздухообмен.

Вытяжные шахты следует оборудовать утепленными клапанами с электроподогревом и дистанционным управлением, а также поддонами для сбора и удаления конденсата. К клапанам и поддонам следует обеспечивать удобный доступ обслуживающего персонала. Размеры внутреннего сечения шахт определяются по расчету с учетом гравитационного и ветрового напора и давления, создаваемого приточной вентиляцией.

Уровень шума в залах не должен превышать 60 дБ(А).

Особенности проектирования частных бассейнов

Каждый бассейн в коттедже строится по индивидуальному проекту, с индивидуальным объемно-планировочным решением, с уникальным художественным оформлением. Основное требование: максимальный уровень физиологического и психологического комфорта.

За последние 10 лет, путем проб и ошибок, выявились общие черты благополучного частного бассейна.

Обычно зал ванны бассейна размещается в пристроенном одно-этажном здании, единственный вход в зал ведет из дома через вспомогательные помещения, площадь зеркала бассейна от 18 до 50 м², ширина обходных дорожек вокруг ванны от 1 до 3 м, высота бассейна от 4 до 6 м, водяное отопление по периметру остекления, большая площадь остекления, стеклянная дверь с выходом на веранду.

Режим использования бассейна кратковременный, эпизодический, число купающихся один-два человека. Все чаще применяется зашторивание водной поверхности бассейна.

Система воздухораспределения проектируется, как правило, под давлением архитектурно-художественного оформления потолков и стен зала. Далеко не всегда удается выполнить привычные рекомендации:

- влажный воздух, как наиболее легкий, рекомендуется удалять из верхней зоны;
- площадь вентиляционных решеток должна быть достаточно большой, чтобы обеспечивать рекомендуемые скорости движения воздуха;
- желательно стремиться к реализации принципа вытеснительной вентиляции.

На мой взгляд, практика применения в частных бассейнах напольных приточных решеток или настенных приточных решеток в нижней зоне зала бассейна не оправдала себя: слишком часто ощущался дискомфорт от движения воздуха, что объясняется малыми размерами зала и близость вентиляционных решеток к «рабочей зоне».

Два ограничения на выбор относительной влажности воздуха в частном бассейне

Хотя российскими нормативными документами допускается высокая относительная влажность воздуха, до 65 %, существуют два фактора, вынуждающие снизить это значение для частных бассейнов до уровня 50–45 % и ниже.

Один из упомянутых факторов – дискомфорт, ощущение духоты.

Другой фактор – выпадение конденсата на стенах, окнах, конструкциях.

Ранее сообщалось [12], что низкая относительная влажность до 15–20 % не оказывает отрицательного влияния на самочувствие и здоровье людей.

Требование максимального комфорта

В европейских стандартах [5, 6] указывается, что относительная влажность должна лежать в области физиологического комфорта. При слишком высокой относительной влажности возникает ощущение духоты. Верхний предел комфортного состояния не одетого человека соответствует парциальному давлению водяных паров 2,27 кПа (влажностеносодержание при этом давлении составляет 14,3 г/кг сухого воздуха). Для избежания дискомфорта при высокой температуре воздуха относительную влажность следует снижать (табл. 1).

Таблица 1
Зона дискомфорта при высокой влажности воздуха

Относительная влажность φ, %	Влажностеносодержание, d, г/кг сухого воздуха при температуре воздуха, °С				
	30	31	32	33	34
40	11,0	11,7	12,4	13,2	14,0
45	12,4	13,1	14,0	14,9	15,8
50	13,8	14,6	15,5	16,5	17,5
55	15,1	16,1	17,1	18,2	19,3
60	16,5	17,5	18,6	19,8	21,0
65	17,9	19,0	20,2	21,5	22,8
100	27,5	29,2	31,0	33,0	35,0

Выпадение конденсата, точка росы

Значения точки росы (температуры, ниже которой неизбежно выпадение конденсата) приведены в табл. 2.

Таблица 2
Точка росы, t_{т.р.}

t, °С воздуха	Относительная влажность воздуха, φ, %					
	40	45	50	55	60	65
30	13,9	16	17,7	19,7	21,3	22,5
32	16	17,9	19,7	21,4	22,8	24,3
34	17,2	19,2	21,4	22,8	24,2	25,7

Таблица 3
Предельно допустимые значения сопротивления теплопередаче наружных ограждений из условия отсутствия конденсата R, м² • °С/Вт

t, °С воздуха	Относительная влажность воздуха, φ, %					
	40	45	50	55	60	65
30	0,400	0,460	0,523	0,625	0,740	0,858
32	0,417	0,473	0,542	0,629	0,725	0,866
34	0,411	0,466	0,547	0,616	0,704	0,831

Достаточным условием отсутствия конденсации паров на внутренних стенах и окнах является превышение температуры внутренних поверхностей t_{пов.} над точкой росы t_{т.р.}: t_{пов.} > t_{т.р.}.

Это условие легко преобразовать в требование к сопротивлению теплопередаче наружных ограждений. Если пренебречь лучистым теплообменом между поверхностью воды в бассейне и внутренними поверхностями ограждений, то:

$$R > (t_{в.} - t_{н.в.}) / \alpha_{вн.} / (t_{в.} - t_{т.р.}), \quad (1)$$

где R – сопротивление теплопередаче, м² • °С/Вт:

$$R = 1/\alpha_{н.} + \sum \delta_i / \lambda_i + 1/\alpha_{в.}, \quad (2)$$

где t_{в.} – температура воздуха в бассейне, °С;

t_{н.в.} – температура наружного воздуха, °С;

δ_i / λ_i – термические сопротивления отдельных слоев ограждения;

α_{н.} – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждений, Вт/(м² • °С);

α_{вн.} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждений, Вт/(м² • °С).

Наиболее напряженная ситуация возникает при самой низкой температуре наружного воздуха, например, для Москвы расчетное значение равно –26 °С. В табл. 3 приведены расчетные предельные (исходя из условия отсутствия конденсата) значения сопротивления теплопередаче наружных ограждений, в том числе стеклопакетов и фонарей, при значении коэффициентов α_{вн.} = 8,7 и α_{н.} = 23 Вт/(м² • °С). (Лучистый теплообмен не учитывался).

Применяемые в нашей стране стеклопакеты имеют фактическое сопротивление теплопередаче, не

превышающее $0,562 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$; такую характеристику имеет, например, трехкамерный стеклопакет марки 4–10Ar–4–12Ar–4 с заполнением аргоном. Однако возможно появление еще более эффективных стеклопакетов ($R_0 > 2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$): нанесение пиролитического низкоэмиссионного покрытия (К-стекло) приводит к снижению потерь тепла за счет излучения почти в 10 раз, низкоэмиссионное покрытие методом магнетронного распыления (i-стекло) позволяет снизить потери на излучение более чем в 20 раз [13]. Следует иметь в виду, что степень остекления наружных ограждающих конструкций залов частных бассейнов может достигать более 60 %.

Сегодня же для частных бассейнов можно рекомендовать применение трехкамерных стеклопакетов и проектировать систему вентиляции и осушения на относительную влажность воздуха не более 50 %.

Осушающий потенциал приточного воздуха

Легко оценить максимальное количество влаги, удаляемой системой вытяжной вентиляции бассейна. В течение всего года температура удаляемого из бассейна воздуха равна 30–34 °С, максимальная относительная влажность не превышает 65 %. Это означает, что с каждым кубометром воздуха из воздушного пространства бассейна удаляется в атмосферу от 20 до 24 г воды (табл. 4).

Таблица 4
Табличные (красный шрифт, [7])
и расчетные параметры влажного воздуха (вытяжная вентиляция)

Температура влажного воздуха, °С	30	31	32	33	34
Давление насыщенного водяного пара, бар	0,042417	0,044913	0,047536	0,05029	0,053182
Удельный объем насыщенного водяного пара, м ³ /кг	32,929	31,199	29,572	28,042	26,602
Абсолютная влажность насыщенного воздуха, г/м ³	30,37	32,05	33,82	35,66	37,59
Абсолютная влажность воздуха при φ = 65 %, г/м ³	19,74	20,83	21,98	23,18	24,43

Количество влаги, поступающее в воздушное пространство бассейна вместе с приточным воздухом, меняется вместе с погодными условиями. В зимнее время при отрицательных температурах наружного воздуха с каждым кубометром приточного воздуха в атмосферу бассейна поступает менее 5 г воды.

В летнее время с повышением температуры и относительной влажности наружного воздуха содержание влаги в нем растет (табл. 5). Например, при расчетных для Москвы параметрах наружного воздуха (температура 28,5 °С и энтальпия 54 кДж/кг) в одном кубометре наружного воздуха содержится 11,19 г воды.

Таблица 5
Табличные (красный шрифт, [7, 8]) и расчетные
параметры влажного воздуха (приточная вентиляция)

Температура влажного воздуха, °С	-26	0	5	10	15	20	25	28,5
Давление насыщенного водяного пара, мбар	0,73	6,11	8,72	12,27	17,04	23,37	31,66	38,91
Удельный объем насыщенного водяного пара, м ³ /кг	1542	206,32	147,17	106,42	77,97	57,83	43,40	35,75
Абсолютная влажность насыщенного воздуха, г/м ³	0,65	4,85	6,80	9,40	12,83	17,29	23,04	27,97
Абсолютная влажность воздуха, г/м ³								
при φ = 100 %	0,65							
при φ = 90 %	0,59	4,37	6,12	8,46	11,54	15,56	20,74	25,17
при φ = 80 %	0,52	3,88	5,44	7,52	10,26	13,83	18,43	22,38
при φ = 70 %	0,46	3,40	4,76	6,58	8,98	12,10	16,13	19,58
при φ = 60 %	0,39	2,91	4,08	5,64	7,70	10,37	13,83	16,78
при φ = 50 %	0,33	2,43	3,40	4,70	6,41	8,65	11,52	13,99
при φ = 40 %	0,26	1,94	2,72	3,76	5,13	6,92	9,22	11,19

Разность между соответствующими значениями абсолютной влажности воздуха из табл. 4, 5 означает осушающую способность приточно-вытяжной вентиляции зала бассейна.

При расходе приточного воздуха 1 000 м³/ч и расчетных параметрах в летний период из атмосферы бассейна удаляется за счет вентиляции примерно 11 л воды в час.

$$W_{\text{лето}} = 1\,000 \times (21,98 - 11,19) / 1\,000 = 10,8 \text{ л/ч.} \quad (3)$$

В зимнее время при отрицательных температурах наружного воздуха осушающая способность приточно-вытяжной вентиляции резко возрастает. При расчетной температуре наружного воздуха для зимнего периода в Москве (-26 °С) и расходе приточного воздуха 1 000 м³/ч из атмосферы бассейна удаляется за счет вентиляции примерно 21 л воды в час:

$$W_{\text{зима}} = 1\,000 \times (21,98 - 0,65) / 1\,000 = 21 \text{ л/ч.} \quad (4)$$

Таким образом, в летнее время потребность в приточном воздухе возрастает и упомянутая выше рекомендация

[3] предусматривать для бассейнов вентиляцию с переменным расходом (для рабочего и нерабочего периодов работы) получает дополнительное обоснование. Наиболее эффективно применение вентиляционных приточных установок с частотным регулированием производительности, в этом случае приточная установка комплектуется инвертором (преобразователем частоты и напряжения переменного тока).

Интенсивность испарения влаги в бассейнах

Интенсивность испарения влаги зависит от многих факторов. Важнейшими из них являются температура воды и воздуха, относительная влажность воздуха в бассейне, площадь и состояние поверхности испарения.

Таблица 6
Движущая сила процесса испарения воды в бассейне

Температура воды в бассейне, °С	Ps, Па	Температура воздуха в бассейне, °С			
		31	32	33	34
		(Ps – Pn), Па, φ = 65 %			
30	4241,7	1322,355	1151,86	972,85	784,87
31	4491,3	1571,955	1401,46	1222,45	1034,47
32	4753,6	1834,255	1663,76	1484,75	1296,77

Движущая сила процесса испарения представляет собой разность давления насыщенных водяных паров при температуре воды в бассейне, Ps, и парциального давления водяных паров над водой, Pn. Для рекомендуемых для частных бассейнов параметров воды и воздуха в табл. 6 приведены значения этой разности давлений.

Из таблицы видно, что интенсивность испарения воды с температурой 30 °С при постоянной относительной влажности 65 % уменьшается на 15 % при повышении температуры воздуха всего на один градус. И наоборот, если температура воздуха в бассейне снизится на 1 градус, то интенсивность испарения увеличится на 15 %. Если температура воды принята равной 30 °С, интенсивность испарения при температурах воздуха 31 и 33 °С отличается на 30 %. Следовательно, осушку атмосферы бассейна легче осуществить при более высокой температуре воздуха внутри бассейна.

Экстенсивные параметры испарения – это параметры, значение которых прямо пропорционально количеству испаряемой влаги. К таким параметрам относится площадь зеркала бассейна, площадь смоченных водой обходных дорожек и водных горок, количество купающихся людей, расход барботируемого воздуха в аттракционах.

Численные значения таких параметров могут изменяться в зависимости от режима эксплуатации бассейна, например, зашторивание водной поверхности бассейна приводит к резкому снижению расчетной площади.

Расчет количества воды, испаряющейся с поверхности бассейна, можно подсчитать по различным методикам. Наиболее распространенные из них изложены в Справочнике проектировщика и в статьях, опубликованных в профильных журналах [9, 10]. Почти все статьи, посвященные этому вопросу, излагают методику расчета немецкого Руководства VDI-Richtlinien. VDI 2089. Blatt 1. 07.1994 [5], которое в 2005 году было заменено на новую редакцию [6], с другими расчетными формулами и коэффициентами [14].

Согласно новой редакции Руководства VDI-Richtlinien. VDI 2089. Blatt 1. 03. 2005 (Техническое оснащение плавательных бассейнов. Закрытые бассейны) [6] количество воды, кг/ч, испаряющейся с поверхности бассейна, можно подсчитать по формуле:

$$W_{исп} = \beta / (R \cdot T) \cdot (Ps - Pn) \cdot F, \quad (6)$$

где $W_{исп}$ – расход испарившейся воды, кг/ч;

β – коэффициент влагопереноса, м/ч:

$\beta = 0,7$ м/ч для зашторенной водной поверхности бассейна (испарение происходит только с переточных канавок);

$\beta = 7$ м/ч для частного неиспользуемого бассейна;

$\beta = 21$ м/ч для частного используемого бассейна;

$R = 461, 52$ Дж/(кг • °С) – газовая постоянная для водяного пара;

T – средняя арифметическая (абсолютная) температура между температурой воды и температурой воздуха в К;

Ps – давление насыщенных паров воды при температуре воды, Па;

Pn – парциальное давление водяных паров в зале чаши бассейна, Па;

F – площадь используемой поверхности зеркала бассейна, м².

Результаты расчетов по приведенной формуле, выполненные нами для некоторых сочетаний температур воздуха, воды и относительной влажности воздуха в частном используемом бассейне, приведены в табл. 7.

Таблица 7
Интенсивность испарения воды с поверхности используемого бассейна, г/(ч • м²) (формула (1) на стр. 7 Entwurf (проект) VDI 2089. Blatt 1. 03.2005 [6])

Температура воды, °С	Давление нас. пара Ps, Па, [7]	Относительная влажность воздуха, %	Температура воздуха, °С, / давление нас. пара, Па				
			30	31	32	33	34
			4241,7	4491,3	4753,6	5029	5318,2
28	3778,528	45	281,7	264,3	246,2	227,2	207,3
		55	217,8	196,8	174,8	151,8	127,7
		65	153,9	129,2	103,4	76,4	48,1
		45	315,2	297,8	279,6	260,6	240,8

29	4004,3	55	251,4	230,4	208,4	185,4	161,3
		65	187,6	162,9	137,1	110,1	81,8
30	4241,7	45	350,3	332,9	314,7	295,7	275,8
		55	286,6	265,6	243,6	220,5	196,4
31	4491,3	45	387,2	369,7	351,5	332,4	312,5
		55	323,6	302,5	280,5	257,4	233,3
32	4753,6	65	260,0	235,3	209,4	182,4	154,1
		45	425,8	408,3	390,0	370,9	351,0
		55	362,3	341,2	319,1	296,0	271,9
		65	298,8	274,1	248,2	221,1	192,8

Расчет количества воды, испаряющейся в водо-воздушных аттракционах (аэромассажные плато, донные гейзеры), можно выполнить по формуле [6]:

$$W_{\text{возд}} = M_{\text{возд}} (d_w - d_1), \quad (7)$$

где $W_{\text{возд}}$ – расход испаряющейся в водо-воздушном аттракционе воды, кг/ч;

$M_{\text{возд}}$ – расход воздуха в аттракционе, кг/ч;

d_w – влагосодержание в выходящем воздухе, кг/кг, равное влагосодержанию насыщенного воздуха при температуре воды;

d_1 – влагосодержание в воздухе зала, кг/кг.

Расчет количества воды, испаряющейся на водной горке, выполняют по формуле [6]:

$$W_{\text{аттр}} = b / (R \cdot T) \cdot (P_s - P_n) \cdot L \cdot B, \quad (8)$$

где $W_{\text{аттр}}$ – количество испаряющейся воды на водной горке, кг/ч;

b – коэффициент влагопереноса для водной горки, м/ч, для используемого бассейна равен 50 м/ч;

L – длина смоченной поверхности водной горки, м;

B – ширина (средняя) смоченной поверхности водной горки, м.

Расчет количества влаги, поступающей от купающихся, обычно выполняют по формуле:

$$W_{\text{л}} = n \cdot w_{\text{л}}, \quad (9)$$

где $W_{\text{л}}$ – количество влаги, кг/ч;

n – количество купающихся;

$w_{\text{л}} = 0,225$ кг/ч, влагопоступление с одного купающегося.

Конденсационные осушители

Проблему регулирования влажности в частных бассейнах можно полностью решить с помощью осушителей, принцип действия которых основан на конденсации водяных паров на охлаждаемых поверхностях. Более того, некоторые модели таких осушителей имеют устройства для подвода небольшого количества свежего приточного воздуха, достаточного, однако, для соблюдения нормативных требований (80 м³/ч на купающегося). С технической точки зрения конденсационные осушители являются высокотехнологичным оборудованием многоцелевого назначения для неглубокой осушки воздуха. В Советском Союзе такие осушители были разработаны и исследованы в 1970-х годах под названием «механические осушители». Современный рынок предлагает для бассейнов два исполнения осушителей: настенные и канальные, различной производительности.

Существуют несколько причин, мешающих повсеместному и исключительному применению осушителей:

- высокая стоимость начальных и эксплуатационных затрат;

- несоответствие внешнего вида настенного осушителя интерьеру бассейна;

- шум работающего осушителя;

- желание сохранить высокую, сверхнормативную кратность воздухообмена по свежему приточному воздуху, что обеспечивает снижение микропримесей (хлора и др. веществ) до малозаметного уровня.

Осушители канального типа позволяют устранить все претензии по внешнему виду и шуму, поскольку они допускают размещение в технических помещениях бассейна, но необходимая система воздуховодов для рециркуляции воздуха через осушитель и бассейн еще более повышает начальную стоимость системы.

На практике достигнут компромисс: частный бассейн оснащается системой приточно-вытяжной вентиляции согласно требованиям нормативных документов и одним-двумя осушителями для снижения относительной влажности до желаемого уровня. Осушители, снабженные гигростатами, включаются в работу автоматически в случае необходимости. Обычно это происходит в летнее время при пользовании бассейном, когда осушающий потенциал системы вентиляции недостаточен.

Совместное применение вентиляции и осушителей позволяет поддерживать относительную влажность на низком уровне, исключая дискомфорт и выпадение конденсата на окнах, металлоконструкциях и стенах. Такое сочетание позволяет рассматривать сложные оптимизационные задачи, направленные на достижение минимальных энергозатрат при дополнительных ограничениях как на стадии проектирования, так и в процессе эксплуатации.

Советы молодому проектировщику

Приступая к проектированию системы вентиляции и осушения закрытого бассейна для индивидуального дома, прежде всего, следует утвердить в техническом задании на проектирование расчетную температуру воды (28–30 °С), температуру воздуха (на 2–4 °С выше температуры воды) и наименьшее из реальных величин значений

сопротивления теплопередаче наружных ограждений, включая наружные стены, кровлю, окна и фонари.

С помощью табл. 3 рекомендуется выбрать расчетную относительную влажность воздуха внутри бассейна, а затем рассчитать количество воды, поступающей в бассейн для летнего и зимнего периодов времени при различных режимах использования и в нерабочем состоянии.

Производительность осушителя должна соответствовать не менее 30 % максимальной величины влагопоступлений, остальную часть влаги следует удалять за счет приточно-вытяжной вентиляции. Теплоснабжение калорифера приточной установки должно быть круглогодичным, непрерывным; регулирование работы смесительного узла – с помощью канального датчика температуры, установленного на входе приточного воздуха в бассейн.

Осушитель рекомендуется снабдить легко доступным выносным регулируемым гигростатом, а приточную и вытяжную установки – общим регулятором расхода. В инструкции по эксплуатации должны быть указаны рекомендации по настройке гигростата и регулятора расхода в зависимости от режима использования бассейна, времени года и погодных условий.

Подробному раскрытию темы посвящен соответствующий мастер-класс АВОК, в программу которого входят теоретические и практические занятия, примеры расчета и проектных решений, технико-экономическая информация.

Литература

1. СанПиН 2.1.2.1188–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Проектирование, строительство и эксплуатация жилых зданий, предприятий коммунально-бытового обслуживания, учреждений образования, культуры, отдыха, спорта, плавательные бассейны. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды. Контроль качества.
2. СНиП 2.08.02–89*. Общие здания и сооружения. Раздел 3. Инженерное оборудование. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
3. Проектирование бассейнов. Справочное пособие к СНиП 2.08.02–89.
4. Справочное пособие к СНиП 2.08.02–89. Проектирование предприятий бытового обслуживания населения.
5. VDI-Richtlinien. VDI 2089. Blatt 1.07.1994. Wärme-, Raumlufttechnik, Wasserver- und -entsorgung in Hallen- und Freibadern. Hallenbader.
6. VDI-Richtlinien. VDI 2089. Blatt 1.03.2005. Entwurf (проект). Technische Gebäudeausrüstung von Schwimmbadern. Hallenbader.
7. Ривкин С. А., Александров А. А. Термодинамические свойства воды и водяного пара. – М. : Энергия, 1975.
8. Розенфельд Л. М., Ткачев А. Г. Холодильные машины и аппараты. М. : Госторгиздат, 1955.
9. Справочник проектировщика. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Под редакцией канд. техн. наук Н. Н. Павлова и инж. Ю. И. Шиллера. – М. : Стройиздат, 1992.
10. Антонов П. П. Методика расчета и проектирования систем обеспечения микроклимата в помещениях плавательных бассейнов // Мир Климата. Спецвыпуск проектировщику. <http://mir-klimata.apic.ru/archive/proekt/4.html>.
11. Алейников А. Е., Федоров А. Б. Требования к проектированию наружных светопрозрачных ограждающих конструкций залов крытых аквапарков // СтройПРОФиль. – 2006. – № 1(47). <http://www.stroy-press.ru/print.php?id=6067>.
12. P. Ole Fanger. Качество внутреннего воздуха в XXI веке: влияние на комфорт, производительность и здоровье людей // АВОК. – 2003. – № 4.
13. Зубков В. Как правильно выбрать стеклопакеты для окон // Строй-инфо. – Самара. <http://www.zodchiy.ru/s-info/archive/23.00/page3.html>.
14. Знакомьтесь – Ассоциация инженеров Германии, VDI // АВОК. – 2007. – № 5. – С. 90.