

Энергоэффективные решения для поддержания микроклимата в бассейне

Опубликовано в журнале [СОК №3 | 2018](#)

Артём ГОНЧАРОВ, менеджер по работе с клиентами отдела кондиционирования и вентиляции компании ООО «Вольф Энергосберегающие системы»

Рубрика:

- [Кондиционирование, вентиляция](#)

Тэги:

- [Вольф Энергосберегающие системы, ООО](#)
- [Wolf](#)
- [Вентиляционное оборудование и комплектующие](#)

Микроклимат в помещении бассейна напрямую влияет на комфорт и самочувствие человека. Эти факторы особенно важны для общественных бассейнов, так как они напрямую влияют на количество посетителей и прибыльность общественных бассейнов. Поэтому для любого закрытого бассейна очень важен правильный выбор параметров воздуха и приточно-вытяжного оборудования. От выбора технического решения обработки воздуха зависит объём эксплуатационных затрат на содержание системы вентиляции, поэтому вентиляционное оборудование должно быть энергоэффективным.

Согласно нормативной документации (СанПиН 2.1.2.1188–03 «Плавательные бассейны. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды»), оптимальная температура воды в спортивном бассейне должна составлять 26–28 °С. По нормам СНиП 41-01–2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» температура воздуха в бассейне должна быть выше на 1–2 °С температуры воды бассейна. Если температура воздуха будет ниже, то человек будет испытывать дискомфорт при выходе из воды и даже может заболеть. При слишком высокой температуре воздуха начинается интенсивное испарение воды и увеличивается шанс образования конденсата (табл. 1).

❖ Точка росы и относительная влажность воздуха

табл. 1

Температура воздуха t , °С	Температура точки росы при относительной влажности воздуха, %					
	40	45	50	55	60	65
30	13,9	16,0	17,7	19,7	21,3	22,5
32	16,0	17,9	19,7	21,4	22,8	24,3
34	17,2	19,2	21,4	22,8	24,2	25,7

Максимальная допустимая влажность в помещении бассейна — 65 %. Превышение влажности приводит к ряду следующих проблем: покрытие ржавчиной металлических конструкций; появление плесени; размягчение и разрушение штукатурки; изменение цвета окраски и появление подтёков на окрашенных поверхностях; повышение нагрузки на сердечно-сосудистую систему человека.

По европейским стандартам (VDI 2089. Blatt 1.03.2005) во избежание дискомфорта и ощущения духоты в помещении максимальное влагосодержание в воздухе не должно превышать 14,3 г/кг сухого воздуха (табл. 2).

❖ Влагосодержание и температура воздуха

табл. 2

Относительная влажность, %	Влагосодержание d [г/кг] сухого воздуха при температуре воздуха, °C			
	30	31	32	33
40	10,6	11,2	11,8	12,6
45	11,9	12,7	13,4	14,2
50	13,4	14,1	14,9	15,8
55	14,7	15,5	16,5	17,4
60	16,0	17,0	18,0	19,1
65	17,4	18,4	19,5	20,7

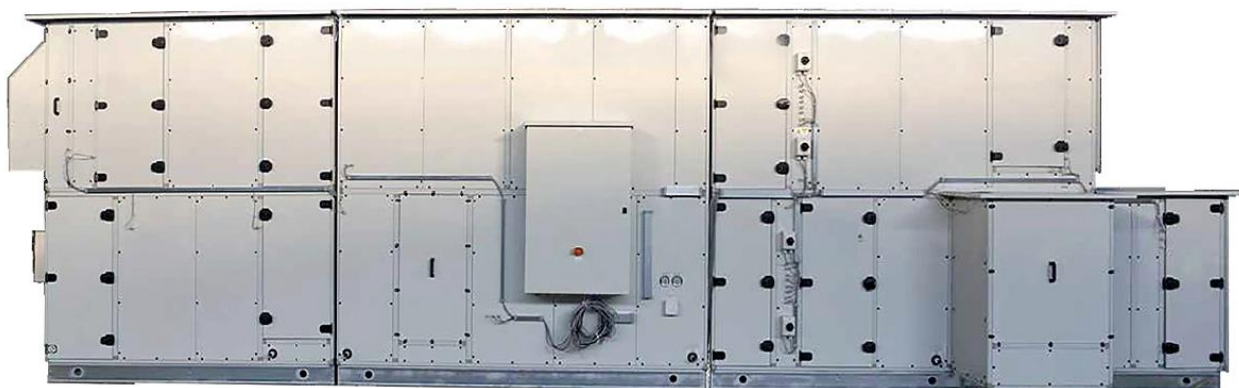
При этом с уменьшением влажности увеличивается интенсивность испарения воды. Поэтому для оптимального микроклимата очень важны правильно выбранные параметры воздуха и точность поддержания этих параметров. Исходя из всех требований и рекомендаций к комфортному микроклимату в помещении, оптимальные параметры воздуха для бассейна составляют +30 °C / 54 % (при температуре воды +28 °C).

Также для создания микроклимата в помещении бассейна важно правильно организовать подачу и забор воздуха. Площадь вентиляционных решёток должна быть достаточно большой, чтобы обеспечивать скорость движения воздуха не более 0,2 м/с. Вытяжной воздух рекомендуется удалять из верхней зоны. Приточный воздух рекомендуется подавать снизу, со стороны остекления.

Таким образом, приточный воздух препятствует образованию конденсата на окнах и реализуется принцип вытесняющей вентиляции.

Главным элементом вентиляционной системы является воздухообрабатывающая установка. Поскольку параметры воздуха бассейна сильно отличаются от параметров всех остальных помещений, некоторые производители вентиляционных установок разработали особые серии оборудования, предназначенные специально для эксплуатации в бассейнах.

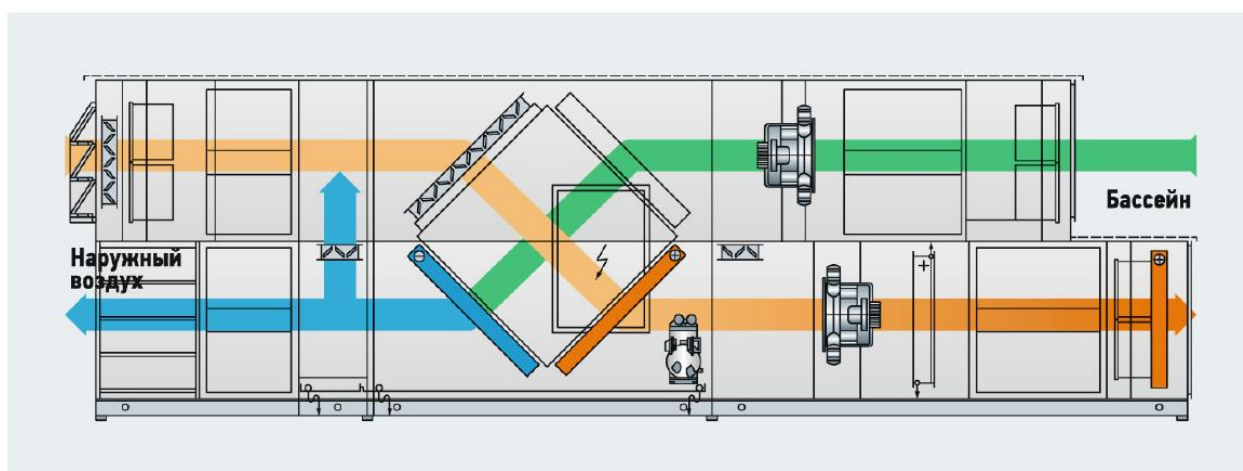
Одна из таких разработок — линейка оборудования Pool компании [WOLF](#) (рис. 1). Особенности этих установок являются встроенный холодильный контур, полимерный пластинчатый рекуператор и две зоны смешения воздуха, что позволяет установке работать в пяти режимах работы, о которых ниже.



❖ **Рис. 1. Вентиляционная установка Wolf серии Pool, предназначенная для бассейнов**

Режим осушения в зимний и переходный периоды

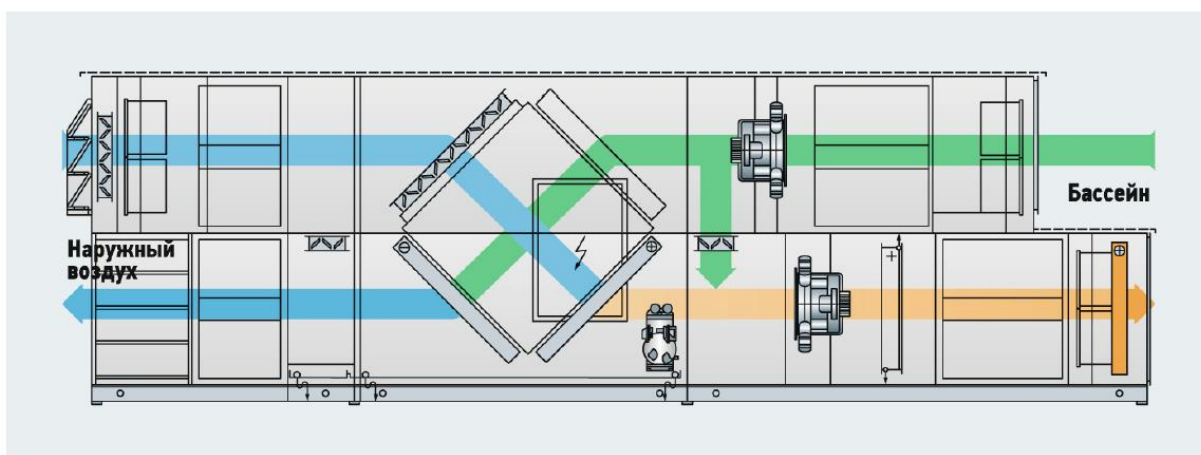
Сперва вытяжной воздух охлаждается с помощью рекуперации (рис. 2). После этого происходит охлаждение в испарителе встроенного холодильного контура, а по датчику влажности регулируется смешение вытяжного и приточного воздуха, чтобы влагосодержание приточного воздуха было не более 9 г/кг сухого воздуха. Далее влажный, но холодный приточный воздух догревается в рекуператоре и конденсаторе. Мощности конденсатора достаточно, и водяной нагреватель в этом режиме, как правило, не используется, однако может работать при необходимости.



❖ **Рис. 2. Режим осушения в зимний и переходный периоды**

Режим эксплуатации в зимний период без использования холодильного контура

В данном режиме холодильный контур отключён (рис. 3). Наружный воздух нагревается в рекуператоре. Затем происходит смешение с вытяжным воздухом по датчику влажности также до 9 г/кг. Смесь воздуха с требуемым влагосодержанием догревается водяным калорифером.



❖ **Рис. 3. Режим эксплуатации в зимний период без использования холодильного контура**

Режим эксплуатации в летний период

В данном случае (летом) наружный воздух достаточно тёплый и влажный, поэтому воздух подаётся в помещение без тепловой обработки. Допустима подача воздуха с температурой ниже требуемой, так как в летний период в помещение большие тепlopоступления от солнечной радиации.

Дежурный режим поддержания температуры/быстрый прогрев

При отсутствии купающихся людей в бассейне установка работает в дежурном режиме поддержания температуры без подачи свежего воздуха — 100 %-я рециркуляция. Если установка не работает круглосуточно, то перед началом эксплуатации бассейна можно использовать режим быстрого прогрева — 100 %-я рециркуляция с подогревом до 40 °С.

Дежурный режим осушения

В данном режиме установка работает в режиме 100 %-й рециркуляции с использованием холодильного контура для поддержания требуемой влажности в помещении. Вытяжной воздух охлаждается в рекуператоре и испарителе холодильного контура и при этом осушается. После воздух догревается в конденсаторе.

Режимы работы выбираются автоматически в зависимости от параметров наружного воздуха. Дежурные режимы включаются вручную, либо автоматически на короткий промежуток времени непосредственно для прогрева/осушения помещения бассейна.

В вентиляционных установках используются высокоэффективные коррозионно-стойкие элементы:

1. ЕС-вентиляторы с дополнительной окраской рабочего колеса, двигателя и элементов крепления для защиты от коррозии. ЕС-двигатели имеют высокий класс энергоэффективности IE4 при низком уровне шума и вибрации.

2. Пластинчатый рекуператор сделан из полипропилена, который не подвергается коррозии и воздействию кислот и щелочей. Эффективность теплопередачи — до 80 %.

3. В обычных установках используются теплообменники с медными трубами и алюминиевым оребрением. В коррозионной среде медь и алюминий образуют гальваническую пару, что приводит к электрохимической коррозии алюминия и разрушению рёбер. В данных установках теплообменник полностью медный, что позволяет избежать коррозии металла. Также такие теплообменники более эффективные, так как теплопередача меди составляет $380 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, а алюминия — $230 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

4. Встроенный компрессор с плавным регулированием мощности от 10 до 100 %. Каждый пуск компрессора сопровождается высоким стартовым током и количество пусков напрямую влияет на его долговечность. Применение компрессора с плавным регулированием позволяет в несколько раз реже включать/выключать контур по сравнению с классическим компрессором, в конечном итоге увеличивая ресурс агрегата.

Вся автоматика встраивается в установку производителем. На одну из панелей корпуса установки выводится пульт управления с русскоязычным интерфейсом, что облегчает монтаж и пусконаладку оборудования.

Экономическое сравнение капитальных и эксплуатационных затрат

Для расчёта примем небольшой бассейн в городе Москве площадью 50 м^2 . Параметры воздуха (температура/влажность) составляют $+30 \text{ }^\circ\text{C} / 54 \%$, объём помещения — 350 м^3 . По расчёту: влаговыделение — $11,6 \text{ кг/ч}$; расход приточного и вытяжного воздуха — $2600 \text{ м}^3/\text{ч}$; сопротивление сети воздуховодов — 200 Па .

Для сравнения принят простой вариант приточно-вытяжной (ПВ) установки с фильтром и водяным нагревателем и с отдельным осушителем воздуха, то есть «приточно-вытяжная установка плюс осушитель».

Особенности простого решения:

- невысокая цена;
- без рекуперации и рециркуляции;
- два режима работы — зимний и летний;
- без защитного покрытия на приточной части;
- осушитель не связан с вентиляцией и работает автономно;
- автоматика установки поставляется отдельно;
- нет возможности подогрева воды;
- нет возможности поддержания влажности в зимний период.

Простое решение сравним с упомянутой нами выше современной установкой обработки воздуха:

- коррозионностойкость всей установки;
- пять режимов работы меняются в зависимости от наружных и внутренних параметров воздуха;

- с рекуперацией и рециркуляцией;
- встроенный осушитель;
- встроенная автоматика;
- возможен подогрев воды через дополнительный конденсатор.

Закупочная стоимость:

- приточно-вытяжная установка + осушитель: $617\,000 + 585\,800 = 1\,202\,800$ руб.;
- установка рассматриваемой серии — $2\,282\,600$ руб.

Для расчёта эксплуатационных затрат взяты московские тарифы за 2018 год. По данным справочника «Наладка и эксплуатация тепловых сетей» и статистики климата Москвы было рассчитано годовое потребление теплоты установок:

- приточно-вытяжная установка + осушитель — $157,013$ Гкал;
- установка рассматриваемой серии — $5,842$ Гкал.

После вычислений и перевода в гигакалории получаем годовые затраты на тепловую энергию для установок:

- ПВ-установка + осушитель: $157,013 \text{ Гкал} \times 1750 \text{ руб./Гкал} = 274\,773$ руб.;
- установка рассматриваемой серии: $5,842 \text{ Гкал} \times 1750 \text{ руб./Гкал} = 10\,224$ руб.

Режим осушения включается во время пиковых нагрузок, когда влагосодержание приточного воздуха больше 9 г/кг , либо во время активной эксплуатации бассейна. Установка рассматриваемой серии использует компрессор для обогрева воздуха в зимний/переходный режим с осушением. Годовое потребление электроэнергии компрессором:

- приточно-вытяжная установка + осушитель — 5162 кВт·ч/год;
- установка рассматриваемой серии — 7648 кВт·ч/год.

Приточно-вытяжная установка проще по составу и имеет небольшое сопротивление элементов по сравнению с установкой рассматриваемой серии, поэтому энергопотребление вентиляторов ПВ-установки меньше.

Суммарное годовое потребление электроэнергии вентиляторов:

- приточно-вытяжная установка + осушитель — 8848 кВт·ч/год;
- установка рассматриваемой серии — $13\,473$ кВт·ч/год.

Учитывая тарифы за 2018 год, был произведён расчёт годовых затрат на электрическую энергию:

- ПВ-установка + осушитель: $(5162 \text{ кВт·ч} + 8848 \text{ кВт·ч}) \times 5,5 \text{ руб./кВт·ч} = 77\,054$ руб.;
- установка рассматриваемой серии: $(7648 \text{ кВт·ч} + 13473 \text{ кВт·ч}) \times 5,5 \text{ руб./кВт·ч} = 116164$ руб.

Годовые затраты на эксплуатацию установок составят:

- ПВ-установка + осушитель: 274 773 руб. + 77 054 руб. = 351 817 руб.;
- установка рассматриваемой серии: 10 224 руб. + 116 164 руб. = 126 388 руб.

Суммарные годовые эксплуатационные затраты для установки рассматриваемой серии меньше на 225 439 руб. в год. Была рассчитана табл. 3 с суммарными затратами на установки, которая учитывает закупку оборудования и ежегодные затраты на эксплуатацию установок.

❖ Суммарные затраты на установки

табл. 3

Кол-во лет	Закупка	5	10	15	20
ПВ-установка + осушитель, руб.	1 202 800	2 961 933	4 721 066	6 480 199	8 239 332
Рассматриваемая установка, руб.	2 282 605	2 914 543	3 546 480	4 178 418	4 810 355

Как видно на табл. 3, через пять лет рассматриваемое решение стоит на 47 тыс. руб. меньше за счёт экономии на эксплуатационных расходах. Через 20 лет работы применение установки рассматриваемой серии экономит более 3,4 млн руб.

В данном расчёте, однако, не учтены следующие факторы:

- ежегодная инфляция и ежегодное подорожание тарифов;
- дополнительные затраты для монтажа и пусконаладки «приточно-вытяжная установка + осушитель»;
- дополнительные затраты от интенсивного испарения воды в бассейне зимой из-за подачи ПВ-системой воздуха с низким влагосодержанием.

Кроме того, для расчёта был взят небольшой бассейн. Чем больше чаша бассейна, тем больше экономия. Таким образом, экономия при использовании установки рассматриваемой серии в реальных условиях будет заметно больше.