

УДК 697.93: 697.97

***ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ
ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД***

Фролов М.В.

Младший научный сотрудник

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Пенза, Россия

Рябов М.А.

Студент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Пенза, Россия

Аннотация

Исследованы особенности проектирования систем вентиляции плавательных бассейнов в летний период. Оценена возможность использования двух различных энергосберегающих систем кондиционирования воздуха. Доказана возможность эффективного использования предлагаемых систем кондиционирования воздуха в бассейнах в летний период.

Ключевые слова: системы кондиционирования воздуха, бассейны, влажность, поверхностный воздухоохладитель, оросительная камера.

***FEATURES OF DESIGNING VENTILATION SYSTEMS OF SWIMMING
POOLS IN THE SUMMER PERIOD***

Frolov M.V.

Junior Researcher

Penza State University of Architecture and Construction

Penza, Russia

Ryabov M.A.

Student

Penza State University of Architecture and Construction

Penza, Russia

Annotation

The features of the design of ventilation systems for swimming pools in the summer period are investigated. The possibility of using two different energy-saving air conditioning systems has been evaluated. Proved the possibility of effective use of the proposed air conditioning systems in the pools in the summer.

Keywords: air conditioning systems, pools, humidity, surface air cooler, irrigation chamber.

В современной экономике, на фоне постоянно растущих цен на энергоносители, одной из важнейших задач является энергосбережение [1; 2]. При проектировании отопления и вентиляции объектов инфраструктуры городов следует в обязательном порядке предусматривать энергосберегающие мероприятия [3; 4; 5].

Плавательные бассейны являются одними из самых энергозатратных при эксплуатации объектов [6; 7]. В летний период основные энергозатраты связаны с необходимостью удаления излишек влаги из помещения бассейна. При накоплении излишек влаги в помещение бассейна может выпадать конденсат на стенах и окнах, вызывающий активный рост грибков и плесени, в результате чего снижается срок службы конструкций бассейна

Для снижения значений относительной влажности внутреннего воздуха в помещении бассейна устанавливают местные осушители воздуха или проектируют системы приточно-вытяжной вентиляции [8; 9]. Местные осушители, как правило, применяют в уже построенных бассейнах, в случае невозможности монтажа приточно-вытяжной вентиляции. В остальных случаях следует проектировать приточно-вытяжную вентиляцию. При проектировании бассейнов необходимо особо тщательно подходить к выбору наиболее

эффективной системы кондиционирования воздуха (СКВ), которая позволила бы поддерживать необходимые параметры воздуха в рабочей зоне, максимально снизив при этом энергозатраты.

В работе оценена возможность использования и произведено сравнение двух вариантов энергосберегающий СКВ бассейна, расположенного в г. Пенза, для летнего периода:

- вариант 1: охлаждение наружного воздуха в воздухоохладителе и рециркуляция;
- вариант 2: охлаждение наружного воздуха в оросительной камере и рециркуляция.

В данных СКВ отсутствует подогрев воздуха в воздухонагревателе, что позволяет снизить энергозатраты на эксплуатацию системы вентиляции.

Характеристики помещения с бассейном, необходимые для расчета СКВ:

- размеры ванны бассейна: длина 50 м, ширина 25 м;
- площадь обходных дорожек бассейна: 420 м²;
- число пловцов: $N = 160$ человек;
- температура воды в бассейне: $t_w = 26$ °С [10];
- температура воздуха рабочей зоны $t_g = 27$ °С [10];
- относительная влажность воздуха в бассейне $\varphi = 65$ % [10].

Для определения температуры воздуха поступающего и удаляемого из помещения и построения луча процесса, характеризующего изменение параметров воздуха, найдем тепловлажностное отношение ε (кДж/кг) по формуле:

$$\varepsilon = \sum Q_{\text{п}} / \sum W \quad (1)$$

где $\sum Q_{\text{п}}$ - поступление полного тепла в чаше бассейна, кДж/ч;

$\sum W$ - поступление влаги в чаше бассейна, кг/ч.

Поступления влаги $\sum W$ в чаше бассейна определяли по формуле:

$$\sum W = W_{\text{пл}} + W_{\text{од}} + W_{\text{Б}} \quad (2)$$

где $W_{пл}$ - поступления влаги от пловцов, кг/ч;

$W_{од}$ – поступления влаги от обходных дорожек, кг/ч;

$W_б$ – поступления влаги от воды в ванне бассейна, кг/ч.

$$\sum W = 21,12 + 184,25 + 4,496 = 209,866 \text{ кг/ч}$$

Поступления полного тепла $\sum Q_{п}$ определяли по формуле:

$$\sum Q_{п} = Q_{скр.б} + Q_{скр.од} + Q_{скр.пл} + 3,6 \cdot \sum Q_{я} \quad (3)$$

где $Q_{скр.б}$ – скрытое поступление тепла в от поверхности бассейна, кДж/ч;

$Q_{скр.од}$ – скрытые поступление тепла от смоченной части обходных дорожек в чаше бассейна, кДж/ч;

$Q_{скр.пл}$ – скрытые поступление тепла от пловцов в чаше бассейна, кДж/ч;

$\sum Q_{я}$ – сумарные явные поступление тепла в чаше бассейна, Вт, определяли по уравнению теплового баланса по формуле:

$$\sum Q_{я} = Q_{пл} + Q_{с.р} + Q_{од} - Q_{б} \quad (4)$$

где $Q_{пл}$ – тепловыделения от пловцов, Вт;

$Q_{с.р}$ – тепловыделения от солнечной радиации, Вт;

$Q_{од}$ – тепловыделения от обходных дорожек, Вт;

$Q_{б}$ – теплопотери на нагрев воды в ванне, Вт.

Тепловой баланс для теплого периода года для помещения бассейна представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Тепловой баланс помещения бассейна

$Q_{л}$, Вт	$Q_{с.р}$, Вт	$Q_{од}$, Вт	$Q_{б}$, Вт	$\sum Q_{я}$, Вт
6336	68695	16800	-10000	81831

Поступления полного тепла $\sum Q_{п}$ определяли по формуле (3):

$$\sum Q_{п} = 449856 + 10913 + 78912 + 3,6 \cdot 81831 = 834273 \text{ кДж/ч}$$

Тепловлажностное отношение ε определяли по формуле (1):

$$\varepsilon = 834273/209,866 = 3975 \text{ кДж/кг}$$

Приступаем к построению рассматриваемых СКВ на I-D диаграмме. Отметим точку Н, характеризующую параметры наружного воздуха для летнего периода по условиям г. Пенза: $t_H = 27$ °С, $J_H = 52,55$ кДж/кг [11]. Затем определим необходимый воздухообмен и характеристики воздуха в помещении бассейна, не зависящие от принятой схемы СКВ. Строим точку В, характеризующую состояние воздуха в рабочей зоне помещения бассейна по нормативным значениям относительной влажности и температуры. Затем через точку В проводим луч процесса и на пересечении со значением температуры уходящего воздуха t_y отмечаем точку У. Температура удаляемого воздуха t_y определяли по формуле:

$$t_y = t_B + \Delta t \cdot (H - h) \quad (5)$$

где H – высота помещения, равная 8 м;

h – высота рабочей зоны, равная 2 м;

Δt – градиент перепада температуры по высоте, принимаемый определяемый в зависимости от удельных избытков явного тепла в помещении $q_{я}$, и равный 0,5.

$$t_y = 27 + 0,5 \cdot (8,4 - 2) = 30,2 \text{ °С}$$

Для построения точки П, характеризующей состояние воздуха, поступающего в помещения бассейна проводим луч процесса через точку В до $t_{п}$, равной 26 °С. Дополнительно отметим точки П* и У*, учитывающие нагрев воздуха в вентиляторе. Процесс П*ПВУУ*, независимо от принятой схем СКВ, будет представлен на i-d диаграмме в полученном виде (рисунок 1).

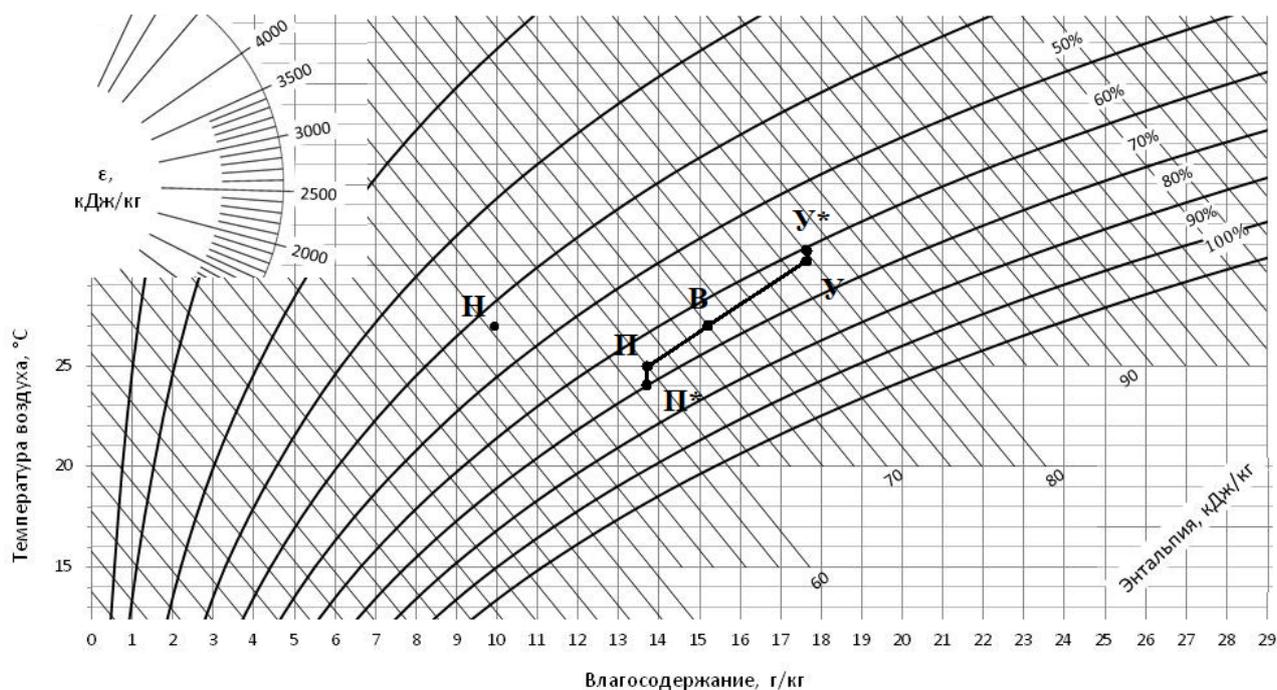


Рисунок 1 – Исходные данные для расчета СКВ

Минимально необходимое количество наружного воздуха $L_{\text{нор}}$, поступающего в бассейн, должно быть не менее $80 \text{ м}^3/\text{ч}$ на одного пловца, и для рассматриваемого бассейна равно $12800 \text{ м}^3/\text{ч}$. Необходимый воздухообмен по избыткам влаги L_w , $\text{м}^3/\text{ч}$, в бассейне определим по формуле:

$$L_w = \frac{\Sigma W}{(d_y - d_n) \cdot \rho_v} \quad (6)$$

где d_y – влагосодержание удаляемого воздуха из бассейна, г/кг;

d_n – влагосодержание подаваемого в бассейна воздуха, г/кг.

ρ_v – плотность воздуха в бассейне, $\text{кг}/\text{м}^3$.

$$L_w = \frac{209866}{(17,62 - 13,7) \cdot 1,176} = 45525 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Необходимый воздухообмен по избыткам полного тепла L_n , $\text{м}^3/\text{ч}$, в бассейне определим по формуле:

$$L_n = \frac{\Sigma Q_n}{(J_y - J_n) \cdot \rho_v} \quad (7)$$

где J_y – энтальпия удаляемого воздуха из бассейна, кДж/кг;

$J_{\text{п}}$ – энтальпия подаваемого в бассейн воздуха, кДж/кг.

$$L_{\text{п}} = \frac{834273}{75,52-60,12} = 46065 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Для дальнейших расчетов принимаем большее значение, полученное по избыткам полного тепла $L_{\text{п}}$. На основе проведенных расчетов сравним два варианта обработки наружного воздуха в СКВ.

Для построения процесса обработки воздуха по варианту 1 проведем через точки У*П* линию до пересечения со значением влагосодержания наружного воздуха $d_{\text{н}}$ и отметим точку К. Отрезок У*П*К характеризует процесс смешивания охлажденного в поверхностном воздухоохладителе (отрезок НК) наружного воздуха и части удаляемого воздуха. На отрезке У*П*К отметим точку С, характеризующую состояние полученного в результате смешения воздуха. Конструкции центрального кондиционера будет максимально упрощенной если точка С совпадет с точкой П*. В таком случае полученных в результате смешивания воздух можно будет сразу возвращать в помещение бассейна. Процесс обработки воздуха на I-D диаграмме по варианту 1 показан на рисунке 2.

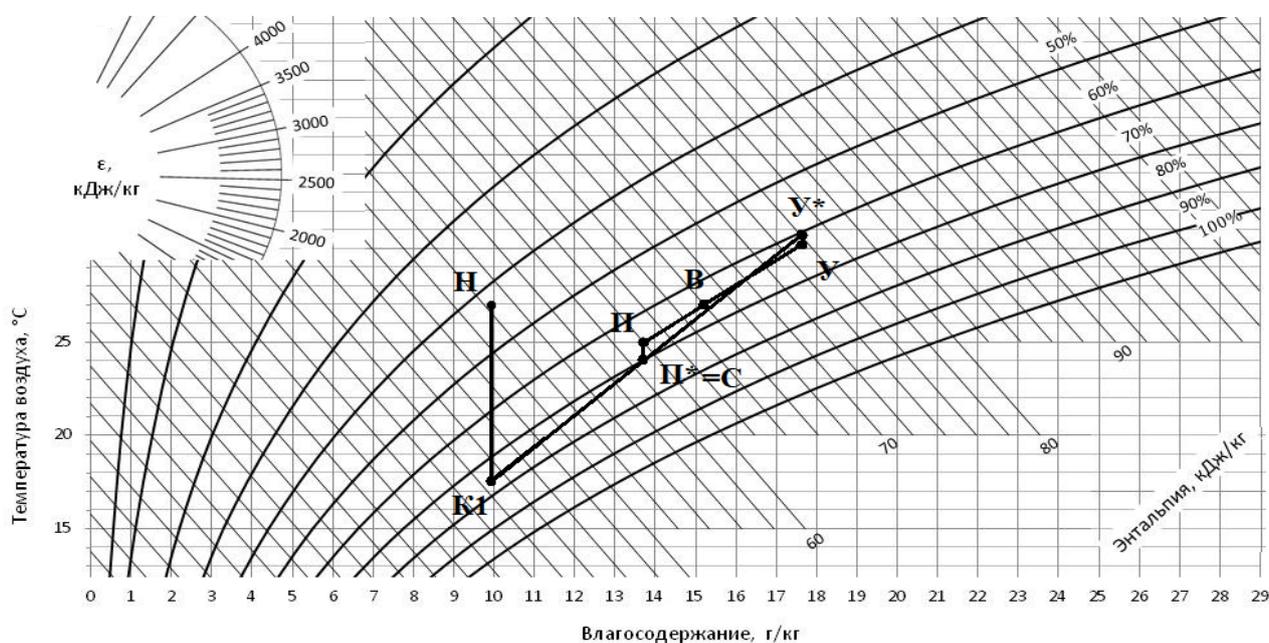


Рисунок 2 – СКВ (вариант 1)

Для расчета количества рециркуляционного L_p , м³/ч, и наружного воздуха L_n , м³/ч, при котором данное условие будет выполняться, необходимо решить систему уравнений (8, 9):

$$J_c = \frac{J_{y*} \cdot L_p + J_k \cdot L_n}{L_n} \quad (8)$$

$$L_n = L_p + L_n \quad (9)$$

Решая систему уравнений 8, 9 получим формулу для расчета L_n , м³/ч:

$$L_n = \frac{L_n (J_c - J_{y*})}{(J_k - J_{y*})} \quad (10)$$

$$L_n = \frac{46056(59,08 - 75,52)}{(44,8 - 75,52)} = 24647 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Используя формулы 9 получим формулу для расчета L_p , м³/ч:

$$L_p = L_n - L_n \quad (11)$$

$$L_p = 46065 - 24647 = 21418 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Полученное значение L_n больше $L_{нор}$, что позволяет использовать СКВ по варианту 1 для вентиляции бассейнов в летний период.

Для построения процесса обработки воздуха по варианту 2 из точки Н проведем линию с $J_n = const$ до пересечения с линией $\phi = 100\%$ и отметим на пересечении точку О. Отрезок НО характеризует обработку воздуха в оросительной камере. Затем проведем через точки У*П* линию до пересечения с отрезком НО и отметим на пересечении точку К. Отрезок НКО характеризует процесс смешения наружного воздуха прошедшего через оросительную камеру и наружного воздуха, прошедшего по байпасу, служащий для достижения необходимых параметров в точке К. Отрезок У*П*К характеризует процесс смешивания охлажденного в оросительной камере (отрезок НК) наружного воздуха и части удаляемого воздуха. Так же как и при расчете по варианту 1 на отрезке У*П*К отметим точку С, характеризующую состояние полученного в

результате смешения воздуха, совпадающую с точкой П*. Процесс обработки воздуха на I-D диаграмме по варианту 2 показан на рисунке 3.

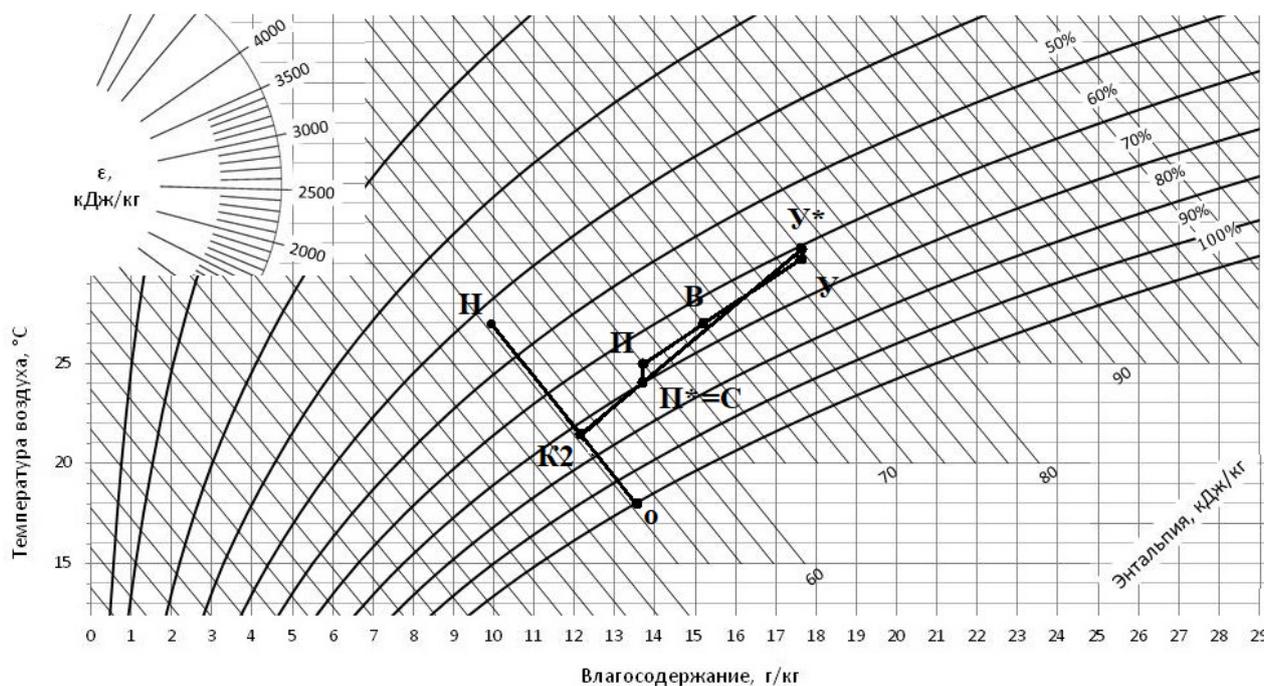


Рисунок 3 – СКВ (вариант 2)

Для расчета количества рециркуляционного L_p , м³/ч, и наружного воздуха L_n , м³/ч, при котором данное условие воспользуемся формулой (10), полученной при расчете по варианту 1, уточнив, что в данном случае $J_k = J_n$:

$$L_n = \frac{46056(59,08 - 75,52)}{(52,55 - 75,52)} = 32963 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Для определения количества рециркуляционного воздуха L_p , м³/ч, используем формулу 11:

$$L_p = 46065 - 32963 = 13102 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Полученное значение L_n больше $L_{\text{нор}}$, что позволяет использовать СКВ по варианту 2 для вентиляции бассейнов в летний период.

Приведенные в статье данные доказывают возможность эффективного использованию рассматриваемых вариантов СКВ для вентиляции бассейнов в летний период. При этом стоит отметить, что в СКВ (вариант 1) используется

меньшее количество наружного воздуха по сравнению с СКВ (вариант 2). Поэтому можно предположить, что СКВ (вариант 1) с охлаждением наружного воздуха в воздухоохладителе и рециркуляцией будет являться более энергоэффективной.

Библиографический список:

1. Еремкин А.И. Об энергосбережении в строительстве / А.И. Еремкин, И.Н. Фильчакина / Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2018. - №5(18). – С.153-162.
2. Румянцева И.Е. Планирование энергосбережения при строительстве комплекса объектов / И.Е. Румянцева / Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2013. - №10-8. – С.1704-1707.
3. Королева Т.И. Энергосберегающие мероприятия в системах отопления общественных зданий / Т.И. Королева, А.А. Кузьмишкин, М.Е. Васин, Е.Г. Ежов, А.П. Левцев / Региональная архитектура и строительство – 2012. - №2. – С.154-158.
4. Аверкова О.А. Энергосбережение в системах вытяжной вентиляции / О.А. Аверкова, К.И. Логачев, В.А. Уваров / Строительство и техногенная безопасность. – 2018. - №11(63). – С.137-146.
5. Дуболазова Л.В. Планирование энергосбережения при строительстве комплекса объектов / Л.В. Дуболазова / Научные труды дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета. – 2010. - №22. – С.208-216.
6. Файзрахманова А.Р. Обеспечение микроклимата и энергосбережение в крытых плавательных бассейнах / А.Р. Файзрахманова, Г.Г. Шакирова / Молодежь и XXI ВЕК - 2015. – С.240-242.

7. Шибекоев Е.А. Энергосбережение в системах вентиляции плавательных бассейнов / Е.А. Шибекоев, И.А. Кабанова / Энергетика, информатика, инновации - 2015. – С.180-183.
8. Вишнякова М.С. Проектирование системы вентиляции для плавательных бассейнов / Вишнякова М.С., Обухова Л.А. / Проблемы энергосбережения в промышленном и жилищно-коммунальном комплексах Пенза, 20-21 апреля 2017 г. – С.52-56.
9. Можоев Л. Системы вентиляции и осушения воздуха для бассейнов / Л. Можоев / Сантехника, отопление, кондиционирование - 2010. - №3(99). – С.180-183.
10. СП 310.1325800.2017 «Бассейны для плавания. Правила проектирования».
11. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями N 1, 2)».

Оригинальность 98%