



К вопросу расчёта воздухообмена для помещений бассейнов

Для помещений плавательных бассейнов характерно формирование значительных тепловых и влажностных потоков над чашей, оказывающих дестабилизирующее влияние на создаваемый микроклимат. Вследствие этого важную роль играет корректное определение воздухообмена, которое позволяет обеспечить комфортные условия для посетителей и оптимизировать работу систем вентиляции. Поскольку в спортивных сооружениях данного назначения происходит интенсивное испарение с зеркала воды, заполняющей чашу бассейна, с мокрых поверхностей обходных дорожек и с тел посетителей, занимающихся водными видами спорта, то первоочередной задачей систем вентиляции является ассимиляция и удаление водяных паров [1].

На влагопоступления в воздушную среду влияют тепловые режимы помещений, а также количество людей или их отсутствие в технических перерывах, предусмотренных расписанием работы бассейнов. Однако, если температурные показатели эффективно стабилизируются средствами автоматизации систем обес-

печения микроклимата, то поддержание требуемой влажности посредством воздействия на параметры воздушной среды является достаточно сложной задачей. Это связано с тем, что интенсивность испарения изменяется в течение суток, не только в зависимости от численности людей, но и от режимов функционирования фонтанов, горок и гидромассажей (при их наличии). Поэтому при нестационарных влагопоступлениях расчёт воздухообмена, обеспечивающего комфортные условия и отвечающего энергоэффективной эксплуатации здания, остаётся актуальной задачей.

В связи с этим рассмотрим методы определения расходов воздуха на ассимиляцию водяных паров для помещений бассейнов.

Используемые различные алгоритмы расчётов влагопоступлений и требуемых объёмов воздуха [2–4], несмотря на имеющиеся отличия, характеризуются общим подходом в решении данного класса задач, поэтому остановимся на наиболее широко применяемых в проектировании: методике О. Я. Кокориной; последователь-

Рецензия эксперта на статью получена
12.09.2024 [The expert review of the article
was received on September 12, 2024]

УДК 697.95. Научная специальность: 2.1.3.

К вопросу расчёта воздухообмена для помещений бассейнов

Т. В. Шукина, к.т.н., доцент, кафедр жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), Воронежский государственный технический университет (ВГТУ); **И. И. Касаткина**, магистр, инженер-проектировщик, ООО «Архитектурное бюро Выбор» (ООО «АБ Выбор»); **М. С. Кононова**, к.т.н., доцент, кафедра ЖКХ, ВГТУ

Наиболее сложными для проектирования физкультурно-оздоровительных комплексов являются сооружения с плавательными бассейнами. Это связано в том числе и с организацией воздухообмена, который должен соответствовать тепловлажностным режимам помещений, обеспечивать комфортные условия и поддерживать функции защиты ограждающих конструкций от разрушений. Отвечающий перечисленным требованиям, микроклимат помещений необходимо создавать посредством минимально возможных затрат и при соблюдении энергоэффективной эксплуатации зданий, поэтому при существующих различиях в используемых методах расчёта воздухообмена был выполнен сравнительный анализ достигаемых показателей. На основе полученных результатов, при условии пошагового изменения площади зеркала воды, даётся оценка воздухообмена, определяемого по наиболее часто используемым проектировщиками методикам, и рекомендуется последовательность расчётов, обеспечивающая требуемые тепловлажностные режимы помещений рассматриваемого класса без повышенных расходов воздуха.

Ключевые слова: помещения бассейнов, параметры микроклимата, влажность воздуха, влагопоступления, воздухообмен.

UDC 697.95. Scientific specialty number: 2.1.3.

On the issue of calculating air exchange for pool rooms

T. V. Shchukina, PhD, Associate Professor, the Department of Housing and Communal Services (HCS), Voronezh State Technical University (VSTU); **I. I. Kasatkina**, graduate student, Design Engineer, "Architectural Bureau "The Choice", LLC ("AB "The Choice", LLC); **M. S. Kononova**, PhD, Associate Professor, the Department of HCS, VSTU

The most difficult structures for designing sports and recreation complexes are those with swimming pools. This is due, among other things, to the organization of air exchange, which must correspond to the heat and humidity conditions of the premises, provide comfortable conditions and support the functions of protecting enclosing structures from destruction. Meeting the above requirements, the microclimate of the premises must be created at the lowest possible cost and while observing the energy-efficient operation of buildings, therefore, with existing differences in the methods used to calculate air exchange, a comparative analysis of the achieved indicators was performed. Based on the results obtained, subject to a step-by-step change in the area of the water mirror, an assessment of air exchange is given, determined by the methods most often used by designers, and a sequence of calculations is recommended that ensures the required heat and humidity conditions of the premises of the class in question without increased air consumption.

Keywords: swimming pool rooms, microclimate parameters, air humidity, moisture supply, air exchange.

ности определения Бязина — Крумме, рекомендуемой обществом немецких инженеров VDI 2086 и представленной в руководстве по проектированию, созданном компанией Dantherm; а также на регламенте расчёта Р НП «АВОК» [2].

Определяющим в проектировании систем вентиляции для бассейнов являются поддерживаемые тепловые режимы, поэтому в зависимости от назначения помещений предварительно задаются следующими параметрами: температурой поверхности воды, температурой и относительной влажностью воздуха.

В соответствии с действующими нормами [1, 2] температуру воздуха необходимо принимать на 1–2 °C выше температуры поверхности воды [1, 2, 5–7], которая, в свою очередь, выбирается из диапазона 26–29 °C в зависимости от назначения бассейна. Вследствие этого температура воздуха может поддерживаться в пределах от 27 до 31 °C [1, 2, 5–7]. Заданный таким образом тепловой режим является определяющим при прогнозировании влагопоступлений и обосновании требуемого воздухообмена.

Рассмотрим результаты расчётов воздухообмена по перечисленным методикам [2–4] для спортивных сооружений, имеющих бассейны с площадью зеркала воды 120, 160, 200, 240 и 280 м² и расположенных в климатических условиях Воронежской области [8].

По методу О. Я. Кокорина [4] поступления влаги [кг/ч] с поверхности воды, заполняющей бассейн, следует определять по формуле:

$$W_{\text{исп}} = \frac{AF\sigma_{\text{исп}}(d_w - d_v)}{1000}, \quad (1)$$

где A — коэффициент увеличения интенсивности испарения с поверхности воды при наличии людей, занимающихся плаванием, по отношению к её спокойному состоянию, рекомендуется принимать $A = 1,5$ [4]; F — площадь зеркала воды, м²; $\sigma_{\text{исп}}$ — коэффициент испарения [4], кг/(м²·ч); d_w и d_v — влагосодержания воздуха при температуре поверхности воды и в зоне нахождения людей, соответственно, определяемые по i - d -диаграмме или расчётом при заданных температурах t_w , t_v и относительной влажности воздуха ϕ_v , г/кг.

Интенсивность испарения главным образом зависит от температуры, подвижности воздуха в помещении и от состояния зеркала воды, на которое влияет количество и степень активности занимающихся плаванием. Так как тепловой режим помещений не имеет существенных отличий для бассейнов разного на-



значения, а поверхность воды, заполняющей чашу, может не прогнозируемо изменяться, поэтому в рассматриваемой методике расчёта [4] коэффициент испарения рекомендуется определять в зависимости от подвижности воздуха в рабочей зоне по формуле:

$$\sigma_{\text{исп}} = 25 + 19v, \quad (2)$$

где v — скорость воздуха в рабочей зоне, м/с.

Согласно условиям теплового комфорта, подвижность воздуха v в зоне нахождения обнажённых людей не должна превышать 0,1 м/с [4], тогда при её максимально возможном значении коэффициент испарения, в соответствии с зависимостью (2), не превысит 26,9 кг/(м²·ч).

Поскольку температуру воды в бассейне t_w рекомендуется поддерживать в диапазоне 26–29 °C [1, 2, 6], то для рассматриваемой задачи примем $t_w = 28$ °C. Тогда температура воздуха в помещении t_v достигнет 30 °C. При заданном тепловом режиме влагосодержание насыщенного воздуха d_w составит 23,8 г/кг. При относи-

тельной влажности внутреннего воздуха 50 %, значение которой входит в рекомендуемый диапазон 50–65 % [1, 2, 6], и принятой температуре 30 °C d_v равно 13,4 г/кг.

В соответствии с исходными и расчётными данными и в зависимости от площади зеркала воды по формуле (1) вычисляются влагопоступления $W_{\text{исп}}$.

Так как влажный воздух легче сухого, то, насыщаясь парами в рабочей зоне, он поднимается под перекрытие с влагосодержанием d_y , превышающим значение d_v , для определения которого используется [4] зависимость вида:

$$d_y = d_v + K_d(d_v - d_n), \quad (3)$$

где d_v и d_n — влагосодержание внутреннего и приточного воздуха, соответственно, г/кг; K_d — коэффициент эффективности организации воздухообмена.

Величина коэффициента K_d зависит от выбранной схемы воздухораспределения и удаления влажных воздушных масс. При рекомендуемой подаче приточного воздуха в нижнюю зону и удалении под перекрытием зала бассейна показатель эффективности организации воздухообмена следует принимать равным $K_d = 1,6$ [4].

После определения в соответствии с приведёнными выше выражениями (1)–(3) параметров $W_{\text{исп}}$ и d_y ($d_y = 17,9$ г/кг) рассчитывается [4] количество приточного воздуха, необходимого для ассимиляции влагоизбытков, по формуле:

$$L_{\text{п.н}} = \frac{W_{\text{исп}} 1000}{\rho_{\text{п.н}}(d_y - d_n)}, \quad (4)$$

где $\rho_{\text{п.н}}$ — плотность воздуха, кг/м³.

Для разной площади зеркала воды и климатических условий Воронежской области по методике О. Я. Кокорина были получены результаты, которые приведены в табл. 1.

На влагопоступления в воздушную среду влияют тепловые режимы помещений, а также количество людей или их отсутствие в технических перерывах, предусмотренных расписанием работы бассейнов. Однако, если температурные показатели эффективно стабилизируются средствами автоматизации систем обеспечения микроклимата, то поддержание требуемой влажности посредством воздействия на параметры воздушной среды является достаточно сложной задачей

Наибольшее распространение за пределами России получила методика немецких инженеров VDI 2086, рекомендуемая при проектировании компаний Dantherm. Основопологающим в расчётах также является определение интенсивности испарения водяных паров, для которой предлагается [3] зависимость вида:

$$W = e A_w (P_B - P_L), \quad (5)$$

где W — интенсивность испарения, г/ч; A_w — площадь поверхности воды в бассейне, м²; P_B — давление водяных паров в насыщенном воздухе при температуре воды в бассейне, мбар; P_L — парциальное давление водяных паров при заданных температуре и относительной влажности внутреннего воздуха, мбар; e — эмпирический коэффициент, принимаемый равным: 0,5 при закрытой поверхности бассейна или 5,0 при неподвижной поверхности зеркала воды, 15 для небольшого частного бассейна с ограниченным временем использования, 20 для общественных бассейнов с нормальной активностью занимающихся плаванием, 28 для больших бассейнов для отдыха и развлечений, 35 для аквапарков с водяными горками и значительным волнообразованием [3].

Расчётная интенсивность испарения является определяющим фактором для требуемого воздухообмена, но, в отличие от методики О. Я. Кокорина, для вычислений не используется значение влагосодержания удаляемого воздуха. Это связано с тем, что предложенный алгоритм, с точки зрения разработчиков, универсален для любой высоты перекрытий бассейнов, поэтому расход наружного воздуха [кг/м³], необходимый для ассимиляции расчётного количества испаряющейся влаги, рекомендуется определять [3] по формуле:

$$V = \frac{W}{(X_i - X_u) 1,175}, \quad (6)$$

где X_u и X_i — влагосодержание наружного воздуха и в помещении, соответственно, г/кг; 1,175 — удельный вес воздуха, кг/м³.

Для расчёта интенсивности испарения влаги и воздухообмена при разной площади зеркала воды с учётом климатических условий Воронежской области принимались следующие параметры: при температуре воды 28 °С $P_B = 37,8$ мбар; при температуре воздуха 30 °С и относительной влажности 50% парциальное давление водяных паров равно $P_L = 21,3$ мбар; влагосодержание воздуха составляет $X_u = 10,6$ и $X_i = 13,4$ г/кг. Требуемый воздухообмен для ассимиляции влагоизбытков, определённый в соответствии с выражениями (5)–(6) для разных типов бассейнов, приведён в табл. 1.

:: Требуемый воздухообмен в помещениях бассейнов*

табл. 1

Расчётные параметры при различной интенсивности испарения	Результаты расчётов по методикам						
	О.Я. Кокорина [4]	Dantherm [3]			Р НП «АВОК» [2]		
Интенсивность испарения	1,5*1	20*2	28*3	35*4	28*5	40*6	50*7
Расход воздуха [м ³ /ч] при площади зеркала воды							
120 м ²	5940	12 040	16 855	21 065	15 700	23 400	28 325
160 м ²	6800	16 040	22 470	28 085	20 940	31 405	37 560
200 м ²	8500	20 060	28 085	35 110	26 170	39 100	47 105
240 м ²	10 200	24 075	33 705	42 130	31 405	47 105	56 345
280 м ²	11 900	28 085	39 320	49 150	36 640	54 800	65 890

Примечания: * Требуемый воздухообмен для ассимиляции влагопоступлений при разной площади зеркала воды, рассчитанный в соответствии с рекомендациями [2–4] для климатических условий Воронежской области при температуре воды +28 °С, воздуха +30 °С и относительной влажности 50 %. *1 Коэффициент, учитывающий интенсивность испарения. *2, *3, *4 Эмпирический коэффициент e для общественных бассейнов, соответственно, с нормальной активностью занимающихся плаванием, для отдыха и развлечений, для аквапарков с водяными горками и значительным волнообразованием. *5, *6, *7 Интенсивность влаговыведений, соответственно, при глубине бассейна более/менее 1,35 м, при наличии водяных горок и площадок под водяными горками.

В методике расчёта воздухообмена Р НП «АВОК» [2] влаговыведения [кг/ч] с определённого зеркала воды рекомендуется вычислять для двух режимов — для рабочего и нерабочего времени, соответственно, по формуле:

$$M_{D.B.b(u)} = \frac{\beta_{b(u)}}{R_0 T} (P_{DW} - P_{DL}) A_B, \quad (7)$$

где $\beta_{b(u)}$ — интенсивность влаговыведений или так называемая «скорость испарения» в рабочее и нерабочее время, принимаемая по табл. 2 [2] в соответствии с проектной глубиной воды и создаваемыми дополнительными условиями для занимающихся плаванием, м/ч; R_0 — газовая постоянная, для водяного пара $R_0 = 461,52$ Дж/(кг·К); T — средняя арифметическая температура с учётом принятых значений t_w для воды и t_R для воздуха, К; A_B — площадь зеркала воды, м²; $P_{D.W}$ — давление водяных паров насыщенного воздуха при температуре, равной заданной температуре воды в бассейне, при-

нимаемое по представленным в [2] табличным данным, Па; $P_{D.L}$ — парциальное давление водяных паров [Па] при температуре и относительной влажности внутреннего воздуха в зале бассейна, определяемое по формуле:

$$P_{D.L} = \frac{\phi P_{D.W}}{100}, \quad (8)$$

где ϕ — относительная влажность воздуха, %.

Массовый расход наружного воздуха $M_{A.S}$, необходимый для ассимиляции водяных паров в помещениях бассейнов [кг/ч], рекомендуется вычислять [2] по следующей формуле:

$$M_{A.S} = \frac{M_{D.B}}{x_{D.L} - x_{D.A}} 10^3, \quad (9)$$

где $M_{D.B}$ — влаговыведения с зеркала воды, кг/ч; $x_{D.A}$ и $x_{D.L}$ — влагосодержание наружного и внутреннего воздуха, г/кг.

Результаты расчётов в виде объёмных расходов воздуха, выполненные в соответствии с выражениями (7)–(9) для разной площади зеркала воды и с учётом возможных типов общественных бассейнов, приведены в табл. 1.

Представленные на рис. 1 зависимости расходов воздуха (табл. 1) от площади поверхности воды при использовании различных методов расчёта показывают максимальный воздухообмен, определённый в соответствии с Р НП «АВОК» [2].

Расчётная интенсивность испарения является определяющим фактором для требуемого воздухообмена, но в отличие от методики О. Я. Кокорина, для вычислений не используется значение влагосодержания удаляемого воздуха

:: Влаговыведения при различных условиях функционирования бассейнов [2]

табл. 2

Тип плавательного бассейна	Интенсивность влаговыведений, м/ч	
	в нерабочее время β_u	в рабочее время β_b
С дополнительным укрытием зеркала воды в нерабочее время	0,7	—
Частный	7	21
Общественный:		
— глубина более / менее 1,35 м	7 / 7	28 / 40
— с установками волнообразования	7	50
— водяные горки, площадки под водяными горками	7	50

Закупочная стоимость приточно-вытяжных установок фирмы «ВЕЗА»*

табл. 3

Показатели расчётов воздухообмена	Применяемые методы расчётов						
	О.Я. Кокорина [4]	Dantherm [3]			Р НП «АВОК» [2]		
Интенсивность испарения в соответствии с табл. 1	1,5	20	28	35	28	40	50
Расход воздуха, м³/ч	5940	12 040	16 855	21 065	15 700	23 400	28 325
Стоимость оборудования, руб.	1 642 976,4	2 870 649,6	3 165 864,0	3 754 280,4	3 119 142,0	3 676 498,8	4 472 504,4

* Для обработки расчётных расходов воздуха при 120 м² площади зеркала воды (табл. 1).

Отклонения от результатов, полученных по методике Dantherm, составляют от 30 до 37 %. Чем больше предусмотрено оборудования для различных водных видов развлечений, тем значительнее расхождение в требуемом воздухообмене по двум наиболее часто применяемым методам расчёта. Однако даже небольшое увеличение расхода воздуха при проектировании приводит к существенным дополнительным капитальным затратам на оборудование. Так, например, при площади зеркала воды 120 м² для сравниваемых расходов 21 065 и 28 325 м³/ч (табл. 1) стоимость приточно-вытяжных установок фирмы «ВЕЗА» (табл. 3), имеющих в своём составе

стандартное оборудование и дополнительно пластинчатые теплоутилизаторы, возрастает на 718 тыс. руб. При этом ежемесячные затраты на подогрев приточного воздуха при среднем тарифе на тепловую энергию в Воронеже при неблагоприятных погодных условиях без учёта возможной утилизации могут превысить 250 тыс. руб. в месяц (рис. 2).

Несмотря на многофакторный учёт влияния параметров воздушной среды в методике О.Я. Кокорина, показатели, рассчитанные в соответствии с приведённым в ней алгоритмом, имеют заниженные значения по сравнению с совокупностью других результатов (рис. 1).

Расходы воздуха, определённые по рекомендациям Р НП «АВОК» [2], в дальнейшем приводят к значительному потреблению ресурсов при обеспечении требуемого микроклимата. Поэтому при расчётах воздухообмена с целенаправленным поддержанием функции энергосбережения следует использовать методику Dantherm, но при строительстве сооружений, предназначенных для спорта высоких достижений, расчёты необходимо выполнять в соответствии с Р НП «АВОК» [2].

При выполненном расчётном обосновании рекомендуемых к применению методик Р НП «АВОК» [2] и Dantherm [3] не следует полностью отказываться от последовательности определения воздухообмена по О.Я. Кокорину [4]. Приведённый в работе [4] алгоритм целесообразно использовать, например, в проектировании систем вентиляции акваферм. Для сооружений данного назначения характерны большие суммарные площади зеркала воды, что приводит, несмотря на спокойную поверхность, к значительному воздухообмену, повышенным капитальным затратам на оборудование приточно-вытяжных установок и эксплуатационным расходам в случае проведения расчётов в соответствии с [2, 3].

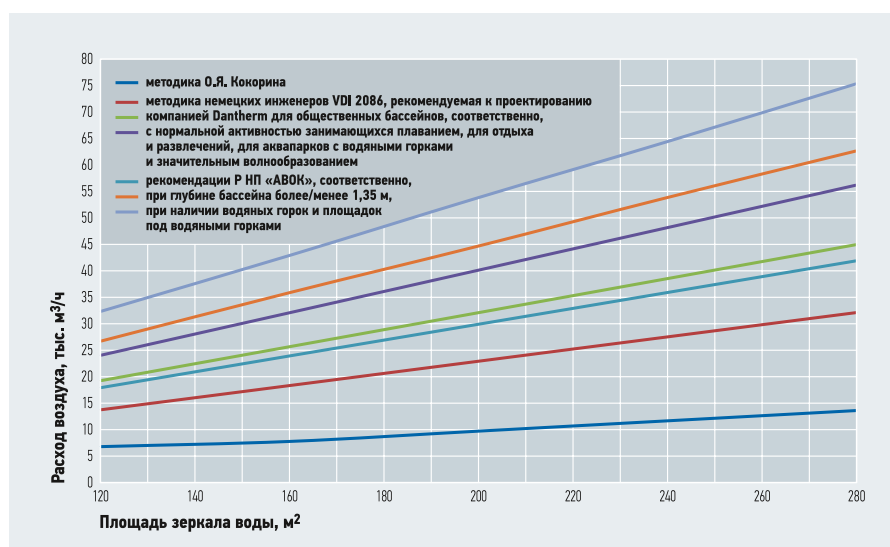


Рис. 1. Требуемый воздухообмен для помещений бассейнов при разной площади зеркала воды, рассчитанный в соответствии с рекомендациями [2–4]

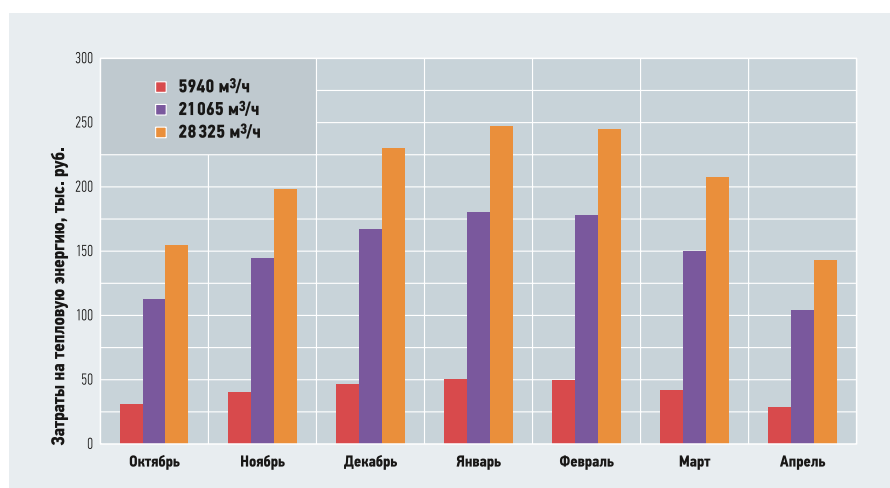


Рис. 2. Затраты на тепловую энергию, потребляемую приточными установками при средних показателях температуры в холодный период года и при расчётных расходах воздуха (табл. 3)

- СП 310.1325800.2017. Бассейны для плавания. Правила проектирования / Дата введ.: 27.06.2018.
- Р НП «АВОК» 7.5–2020. Обеспечение микроклимата и энергосбережения в крытых плавательных бассейнах. Нормы проектирования. — М.: АВОК, 2020. 20 с.
- Установки для вентиляции и кондиционирования воздуха [Электр. текст]. Каталог, руководство по проектированию, программа подбора Dantherm. Dantherm. 2010. 76 с.
- Кокорин О.Я. Современные системы кондиционирования воздуха. — М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2003. 272 с.
- Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Жилые здания со встроенными помещениями общественного назначения и стоянками автомобилей. Коттеджи: Справ. пособие / Г.И. Стомахина, И.И. Бобровицкий, Е.Г. Малявина, Л.В. Плотнокова; под ред. Г.И. Стомахин. — М.: Пантори, 2003. 308 с.
- Антонов П.П. Методика расчёта и проектирования систем обеспечения микроклимата в помещениях плавательных бассейнов [Электр. текст]. «Мир климата». Спецвып. «Проектировщику» от 08.08.2019. Режим доступа: mir-klimata. Дата обрац.: 23.05.2024.
- Калинин И.В., Смольников Г.В., Сакан Г.В. К расчёту воздухообмена в помещениях с повышенной влажностью // Энергосбережение и водоподготовка, 2016. №5. С. 63–65.
- СП 131.13330.2020. Строительная климатология [Пересмотр СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология»] (с Изм. №1 и 2) / Дата введ.: 25.06.2021.

References — see page 80.

On the issue of calculating air exchange for pool rooms. Pp. 58–61.

Tatyana V. Shchukina, PhD, Associate Professor, Department of Housing and Communal Services (HCS), Voronezh State Technical University (VSTU); **Irina I. Kasatkina**, graduate student, Design Engineer, "Architectural Bureau "The Choice", LLC ("AB "The Choice", LLC); **Marina S. Kononova**, PhD, Associate Professor, Department of HCS, VSTU

1. SP 310.1325800.2017 [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 310.1325800.2017]. *Bassejny dlja plavanija. Pravila proektirovani-ja* [Swimming pools. Design rules]. Date of impl.: June 27, 2018. [In Russian]
2. R NP "AVOK" 7.5–2020 [Recommendations of "Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics" Non-government Public Organization (NP "AVOK") No. 7.5–2020]. *Obespechenie mikroklima-ta i jenergosberezhenija v krytykh plavatel'nykh bassejnakh. Normy proektirovani-ja* [Ensuring microclimate and energy saving in indoor swimming pools. Design standards]. Mos-cow. AVOK ["Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Condition-ing, Heat Supply and Building Thermal Physics" Non-government Public Organization (NP "AVOK")]. 2020. 20 p. [In Russian]
3. *Ustanovki dlja ventiljatsii i konditsionirovani-ja vozdukh. Katalog, rukovodstvo po proek-tirovani-ju, programma podbora Dantherm* [Ventilation and air conditioning units. Dan-therm's catalog, design guide and selection program]. Dantherm. 2010. 76 p. [In Russian]
4. O.Ja. Kokorin. *Sovremennye sistemy konditsionirovani-ja vozdukh* [Modern air condition-ing systems]. Moscow. *Izd-vo fiz.-mat. lit.* [Publishing House of Physical and Mathemati-cal Literature]. 2003. 272 p. [In Russian]
5. G.I. Stomahina, I.I. Bobrovickij, E.G. Maljavina, L.V. Plotnikova. *Otoplenie, ventiljatsija i konditsionirovanie vozdukh: Zhilye zdani-ja so vstroennymi pomeshenijami obshestven-nogo naznacheni-ja i stojankami avtomobilej. Kottedzhi: sprav. posobie* [Heating, ventila-tion and air conditioning: Residential buildings with built-in public spaces and parking lots. Cottages: A reference manual]. Edited by G.I. Stomahina. Moscow. *Pantori* ["Panto-ri" Publishers]. 2003. 308 p. [In Russian]
6. P.P. Antonov. *Metodika rascheta i proektirovani-ja sistem obespechenija mikroklimata v po-meshenijakh plavatel'nykh bassejnov* [Methodology for calculating and designing micro-climate control systems in swimming pools]. "Mir klimata". *Spetsvypusk "Proektirovshiku" ot 08.08.2019* ["World of Climate". "To the designing engineer" special issue of August 8, 2019]. Web-source: mir-klimata. Access date: May 23, 2024. [In Russian]
7. I.V. Kalinich, G.V. Smol'nikov, G.V. Sakash. *K raschjotu vozdukhoobmena v pomesheni-jakh s povyshennoj vlazhnost'ju* [On calculating air exchange in rooms with high humidi-ty]. *Jenergosberezhenie i vodopodgotovka* ["Energy saving and water treatment" Magazine]. 2016. No. 5. Pp. 63–65. [In Russian]
8. SP 131.13330.2020 [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 131.13330.2020]. *Stroitel'naja klimatologija [Peresmotr SP 131.13330.2018 "SNiP 23-01-99*. Stroitel'naja klimatologija"] (s Izm. №1 i 2)* [Con-struction climatology [Revision of The Code of Practice on Design and Construction No. 131.13330.2018 "Building Rules & Regulations (National Codes and Standards of Rus-sia) No. 23-01-99*. Construction climatology"] (with Amendments No. 1, 2)]. Date of im-pl.: June 25, 2021. [In Russian]