

Д-р техн. наук, проф. **О.Я.КОКОРИН**  
МГСУ,  
**А.А.ВОЛКОВ**  
МНИИП,  
**Ф.И.АНДРОНОВ**  
фирма «Веза»

# Системы микроклимата помещений плавательных бассейнов

**На основе постановления правительства Москвы от 27.10.98 г. «О программе строительства плавательных бассейнов в г. Москве» развернуто строительство помещений бассейнов для оздоровительного и спортивного плавания, сооружаемых при школах и пансионатах для отдыха. Качество лечебного и спортивного плавания в значительной степени зависит от комфортных параметров воздушной среды в зоне нахождения людей.**

Помещения плавательных бассейнов используют, как правило, круглый год. Температура воды в бассейне в холодный период года не должна опускаться ниже 25 °С, а летом увеличивается до 27 °С. Температура воздуха поддерживается на 1...2 °С выше температуры воды при относительной влажности 50–60 %.

Наличие открытой поверхности воды обуславливает поступление в воздух помещений большого количества водяных паров. Количество испаряющихся с поверхности ванны бассейна водяных паров  $W$  (кг/ч) может быть вычислено по опытной формуле, полученной финскими специалистами применительно к особенностям функционирования плавательных бассейнов:

$$W_{ис} = AF\sigma_{ис}(d_w - d_b)/1000, \quad (1)$$

где  $A$  — опытный коэффициент;  $F$  — площадь поверхности водяной ванны, м<sup>2</sup>;  $\sigma_{ис}$  — коэффициент испарения, кг/(м<sup>2</sup>·ч) на 1 кг влаги;  $d_w, d_b$  — влагосодержание соответственно насыщенного воздуха и воздуха в зоне нахождения людей, г/кг.

Опытный коэффициент  $A$  учитывает интенсификацию испарения с поверхности воды площадью  $F$  (из-за изменения условий протекания процессов испарения при наличии купающихся) по сравнению с испарением со спокойной поверхности воды. По данным финских специалистов, для оздоровительных плавательных бассейнов коэффициент  $A = 1,5$  [1].

Площадь  $F$  поверхности спокойной глади воды в бассейне определяется размерами водяной ванны. Коэффициент испарения  $\sigma_{ис}$  [кг/(м<sup>2</sup>·ч) на 1 кг влаги] вычисляют по опытной формуле [1]

$$\sigma_{ис} = 25 + 19v, \quad (2)$$

где  $v$  — скорость движения воздуха, м/с.

Влагосодержание насыщенного воздуха  $d_w$  при температуре поверхности воды  $t_w$  находят по  $i, d$ -диаграмме (рис. 1) или вычисляют по известным формулам [1]. Влагосодержание воздуха  $d_b$  в зоне нахождения людей находят по  $i, d$ -диаграмме при заданных параметрах воздуха — температуре  $t_b$  и относительной влажности  $\phi_b$  или вычисляют по известным формулам [1].

Скорость движения воздуха  $v$  (м/с) над поверхностью воды зависит от схемы организации воздухообмена в помещении. По условиям теплового комфорта для обнаженных людей скорость воздуха в зоне их нахождения в бассейне не должна превышать 0,1 м/с.

Примем площадь водной поверхности бассейна  $F = 25 \cdot 8 = 200$  м<sup>2</sup>, температуру воды летом  $t_w = 27$  °С и параметры воздуха в зоне нахождения людей  $t_b = 28$  °С и  $\phi_b = 60$  %. По формуле (2) вычисляем коэффициент испарения [кг/(м<sup>2</sup>·ч) на 1 кг влаги]:

$$\sigma_{ис} = 25 + 19 \cdot 0,1 = 26,9.$$

На  $i, d$ -диаграмме (см. рис. 1) находим  $d_w = 23$  г/кг (точка  $W$ ) и  $d_b = 14,4$  г/кг (точка  $B$ ).

По формуле (1) вычисляем количество испаряющейся влаги при использовании бассейна для оздоровительного плавания:

$$W_{ис} = 1,5 \cdot 200 \cdot 26,9 \cdot (23 - 14,4)/1000 = 69,4 \text{ кг/ч}.$$

На испарение воды затрачивается теплота, которая поступает из воздуха при наличии градиента температур ( $t_b - t_w$ ) в сторону воды, а также теплота, отдаваемая горячей водой в водо-водяном нагревателе. Горячая вода поступает при насосной циркуляции от источника теплоснабжения. Поток теплоты, затрачиваемой на испарение воды  $Q_{ис}$  (кДж/ч), вычисляют по формуле

$$Q_{ис} = W_{ис} r. \quad (3)$$

Скрытую теплоту парообразования  $r$  (кДж/кг) при температуре воды  $t_w$  находят по формуле

$$r = 2500 - 4,2t_w. \quad (4)$$

Для рассматриваемого случая по формуле (4) получим

$$r = 2500 - 4,2 \cdot 27 = 2387 \text{ кДж/кг}.$$

Тогда  $Q_{ис} = 69,4 \cdot 2387 = 165\,658$  кДж/ч, или  $165\,658/3,6 = 46016$  Вт. (5)

Если помещение плавательного бассейна имеет значительную площадь поверхности остекления в наружных ограждениях, то проникающая через него теплота солнечной радиации затрачивается на нагрев строительных конструкций и зеркала воды. Использование проникающей в помещение бассейна солнечной радиации в целях нагрева зеркала воды в плавательной ванне позволяет сократить затраты теплоты от источников теплоснабжения, требуемые для поддержания температуры воды в ванне  $t_w = 27$  °С.

В холодный период года необходимо предотвратить большие теплотери через значительные поверхности остекления в наружных ограждениях. Для этой

*Analysis of a year-round operation of microclimate systems in swimming-pool rooms is given. A fundamental circuit arrangement of such systems has been developed. Standard types and sizes of air conditioners used in this circuit and produced by Russian industry are given.*

цели конструкция остекления должна иметь повышенное термическое сопротивление теплопередаче, обусловленной наличием градиента температур внутреннего  $t_b$  и наружного  $t_{н.х}$  воздуха, но сохранять способность пропускать в помещение теплоту солнечной радиации, которая будет способствовать поддержанию температуры поверхности воды в плавательной ванне на требуемом уровне  $t_w = 25...27$  °С.

На рис. 1 представлено построение на  $i, d$ -диаграмме расчетного режима работы системы микроклимата в помещении плавательного бассейна в теплый период года в климате Москвы. Для удаления из помещения испаряющихся водяных паров используется наружный воздух с параметрами Б [3]:  $t_{н.х} = 28,5$  °С,  $i_{н.х} = 54$  кДж/кг (точка  $H$ ). В зоне плавания поддерживаются параметры точки В:  $t_b = 28$  °С и  $\phi_b = 60$  % при  $i_b = 64$  кДж/кг.

В целях увеличения поглотительной способности приточного воздуха по восприятию влаговыделений рационально подавать приточный воздух с малыми скоростями непосредственно в зону нахождения людей, а удалять воздух из верхней зоны под потолком помещения. Влажный воздух легче сухого. Поэтому в режиме поступления в зону нахождения людей приточного воздуха и поглощения им испаряющихся водяных паров образуется более насыщенный влагой воздух, который будет подниматься под перекрытие, где вла-

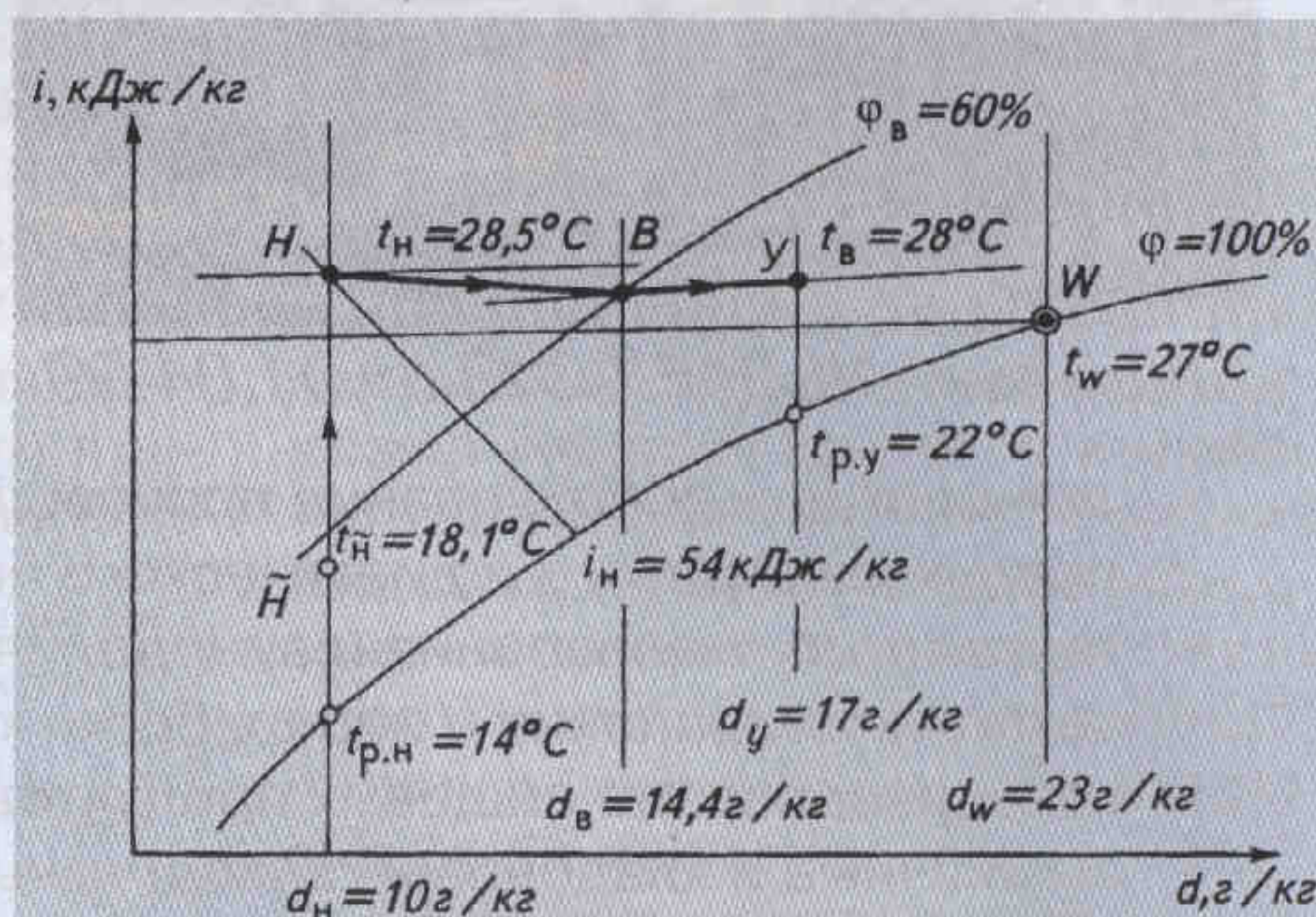


Рис. 1. Построение на  $i, d$ -диаграмме режима работы приточно-вытяжной системы в расчетных условиях теплого периода года в климате Москвы.

Обозначение режимов:

$H-B-Y$  — поглощение влаговыделений приточным воздухом по высоте помещения плавательного бассейна;  
 $\bar{H}-H$  — нагрев приточного наружного воздуха в утренние и вечерние часы теплого периода года

госодержание  $d_y$  становится выше, чем  $d_n$ . Для нахождения влагосодержания  $d_y$  (г/кг) удаляемого воздуха при расходе  $L_y$  можно использовать формулу

$$d_y = d_n + K_d(d_b - d_n), \quad (6)$$

где  $d_b$ ,  $d_n$  — влагосодержание соответственно внутреннего и приточного воздуха, г/кг.

Показатель  $K_d$  называется коэффициентом эффективности организации воздухообмена. Для рекомендуемой схемы притока воздуха в зону нахождения людей и вытяжки под потолком этот показатель может быть принят равным  $K_d = 1,6$ . Вычислим по формуле (6) возможное влагосодержание удаляемого воздуха для рассматриваемого примера:

$$d_y = 10 + 1,6(14,4 - 10) = 17 \text{ г/кг.}$$

На  $i, d$ -диаграмме (см. рис. 1) находим точку  $Y_c$  параметрами:  $d_y = 17 \text{ г/кг}$ ,  $t_y = t_b = 28^\circ\text{C}$ .

Согласно расчету для поглощения влаговыделений в помещениях плавательных бассейнов в зону нахождения людей необходимо подавать следующее количество приточного наружного воздуха ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ):

$$L_{п.н} = (W_{ис} \cdot 1000) / (\rho_{п.н} (d_y - d_n)). \quad (7)$$

Для рассматриваемого примера по формуле (7) получим

$$L_{п.н} = (69,4 \cdot 1000) / (1,15 \cdot (17 - 10)) = 8621 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

В СНиП [3] указано, что в расчетные сутки теплого периода года температура наружного воздуха в климате Москвы снижается на  $10,4^\circ\text{C}$  (точка  $\tilde{H}$ ). Следовательно, для сохранения комфортных условий воздушной среды приточный наружный воздух

в утренние и вечерние часы летом необходимо подогревать. Для первоначального нагрева приточного наружного воздуха энергетически рационально использовать установку утилизации с насосной циркуляцией промежуточного теплоносителя-антифриза [2]. Во избежание конденсации водяных паров температура внутренней поверхности ограждений должна быть выше температуры точки росы удаляемого воздуха  $t_{p,y}$ , т.е. выше  $22^\circ\text{C}$  (для построения, выполненного на рис. 1).

На рис. 2 представлено построение на  $i, d$ -диаграмме расчетного режима работы системы микроклимата в холодный период года при параметрах Б [3]:  $t_{п.х} = -26^\circ\text{C}$ ,  $d_{п.х} = 0,6 \text{ г/кг}$ ; температура воды  $t_w = 25^\circ\text{C}$ ,  $d_w = 20,2 \text{ г/кг}$ ; температура воздуха  $t_b = 26^\circ\text{C}$ ,  $d_b = 10,8 \text{ г/кг}$ , относительная влажность  $\phi_b = 50\%$ . Градиент влагосодержаний внутреннего и приточного воздуха в расчетных условиях холодного периода года значительно больше, чем в расчетных условиях для теплого периода года (см. рис. 1). Как следует из формулы (1), увеличение градиента влагосодержаний приведет к возрастанию количества воды, испаряющейся с водного зеркала ванны плавательного бассейна, что соответственно увеличит расход теплоты на подогрев пополюющей бассейн свежей воды.

В целях сохранения в холодный период года условий испарения воды близкими к режимам в летний период предлагается в холодный период года градиенты влагосодержаний оставить неизменными и равными их значениям при работе в летних режимах. Для выполнения этих условий следует в холодный период года достигать требуемо-

го влагосодержания приточного воздуха путем смешения в приточном агрегате подогретого до температуры  $t_{п.н} = 26^\circ\text{C}$  наружного воздуха и рециркуляционного влажного воздуха из помещения.

Градиенты влагосодержаний в рабочей зоне в теплый и холодный периоды года принимают одинаковыми и равными градиенту в теплый период года:

$$\Delta d_{p.з} = d_b - d_n = 14,4 - 10 = 4,4 \text{ г/кг.}$$

Таким образом, влагосодержание смеси приточного воздуха в холодный период года

$$d_{см} = d_b - \Delta d_{p.з} = 10,8 - 4,4 = 6,4 \text{ г/кг.}$$

Влагосодержание удаляемого воздуха вычисляем по формуле (6):

$$d_y = 6,4 + 1,5(10,8 - 6,4) = 13,44 \text{ г/кг.}$$

Из уравнения баланса смеси определяем расход приточного наружного воздуха в холодный период года:

$$L_{п.н.х} = L_{п.н}(d_y - d_{см}) / (d_y - d_{п.н.х}) = 8621(1,15 \cdot 13,44 - 1,16 \cdot 6,4) / (1,15 \cdot 13,44 - 1,17 \cdot 0,6) = 4811 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $\rho_y$ ,  $\rho_{п.н}$ ,  $\rho_{см}$  — плотность соответственно удаляемого, приточного наружного воздуха и смеси,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Полученное значение  $L_{п.н.х}$  необходимо проверить на соответствие санитарно-гигиеническим нормам по подаче в помещение приточного наружного воздуха. В плавательном бассейне для условий рассматриваемого примера одновременно находятся 40 человек, т.е. на одного человека приходится объемный расход воздуха  $80 \text{ м}^3/\text{ч}$ , что отвечает минимальному расходу:

$$L_{п.н.мин} = 40 \cdot 80 = 3200 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Таким образом, значение  $L_{п.н.х}$  больше  $L_{п.н.мин}$ , что указывает на соответствие санитарным нормам.

Для снижения количества теплоты, расходуемой на подогрев приточного наружного воздуха, предлагается применить установку утилизации теплоты выбрасываемого в атмосферу удаляемого воздуха  $L_y$ .

Нагрев приточного наружного воздуха в установке утилизации отвечает следующему уравнению теплового баланса:

$$Q_{т.у} = L_{п.н.х} \rho_{п.н} c_p (t_{н2} - t_{п.х}) = L_y \rho_y (i_{y1} - i_{y2}). \quad (8)$$

Методом подбора находим рациональное значение энтальпии  $i_{y2}$  удаляемого воздуха, направляемого в теплообменные установки утилизации. Для рассматриваемого примера  $i_{y2} = 30 \text{ кДж/кг}$ . По правой части уравнения (8) вычисляем количество утилизируемой теплоты:

$$Q_{т.у} = 4800 \cdot 1,18(60,5 - 30) = 172\,752 \text{ кДж/ч}.$$

Из преобразованной левой части уравнения (8) находим достигаемую температуру подогрева приточного наружного воздуха:

$$t_{н2} = Q_{т.у} / (L_{п.н.х} \rho_{п.н} c_p) + t_{п.х} = 172\,752 / (4811 \cdot 1,31 \cdot 1) - 26 = 1,4^\circ\text{C}.$$

На рис. 2 режим извлечения теплоты из вытяжного воздуха показан пунктирными линиями. От температуры  $t_{н2} = 1,4^\circ\text{C}$  до  $t_{п.н} = 26^\circ\text{C}$  приточный наружный воздух нагревается в калорифере, питаемом горячей водой. При повышении  $\phi_b$  до 60% система переходит на работу по прямоточной схеме.

На рис. 2 показано, что температура точки росы удаляемого воздуха в холодный пе-

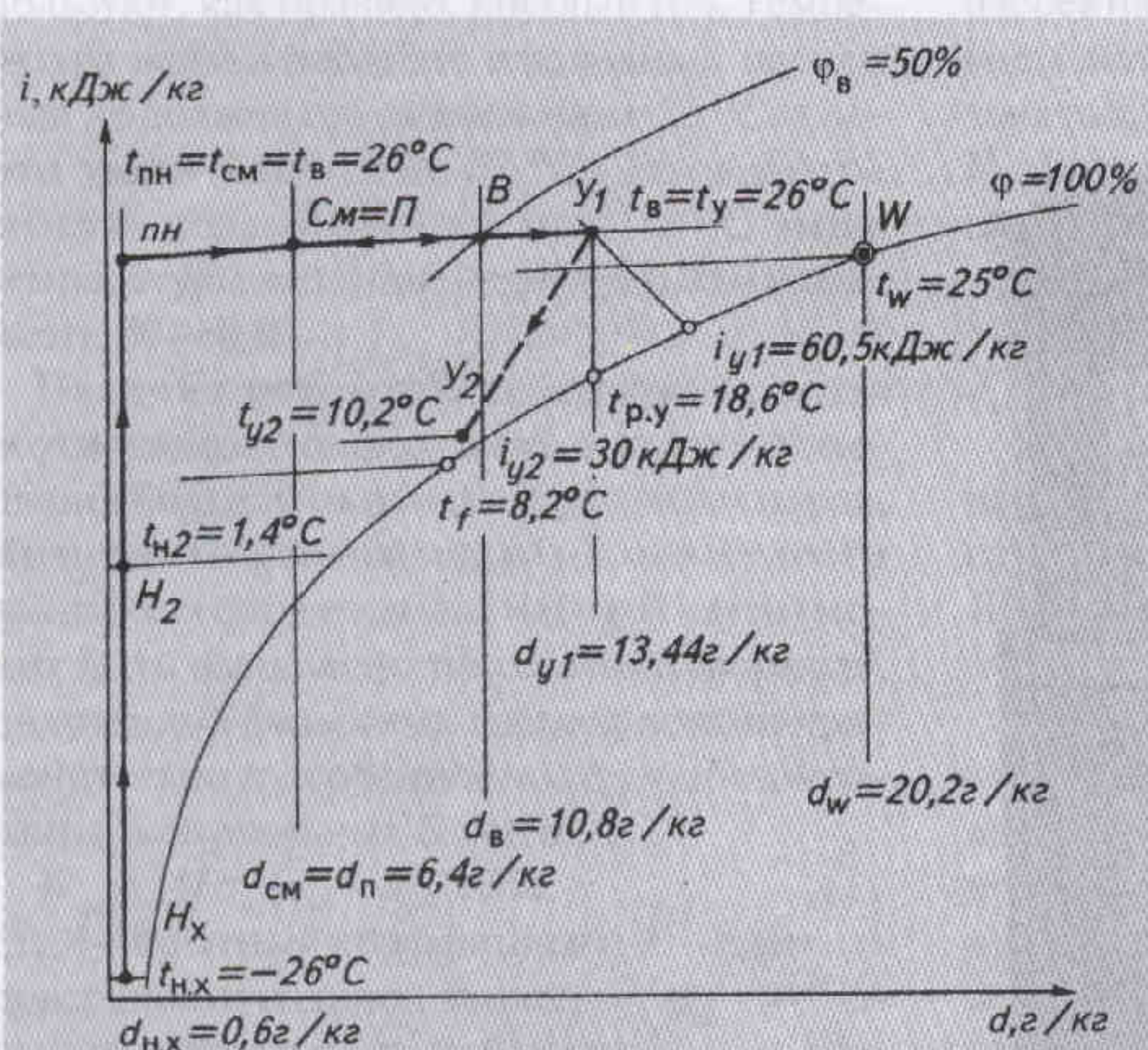


Рис. 2. Построение на  $i, d$ -диаграмме режима работы приточно-вытяжной системы в расчетных условиях холодного периода года в климате Москвы

Обозначение режимов:

$H_x - H_2$  — нагрев приточного наружного воздуха в установке утилизации;  $Y_1 - Y_2$  — извлечение теплоты из выбросного вытяжного воздуха в установке утилизации;  $H_2 - ПН$  — нагрев приточного наружного воздуха в калорифере;  $ПН - СМ - Y_1$  — процесс смешения подогретого приточного наружного воздуха с частью вытяжного воздуха;  $СМ - В - Y_1$  — поглощение влаговыделений приточным воздухом по высоте помещения плавательного бассейна

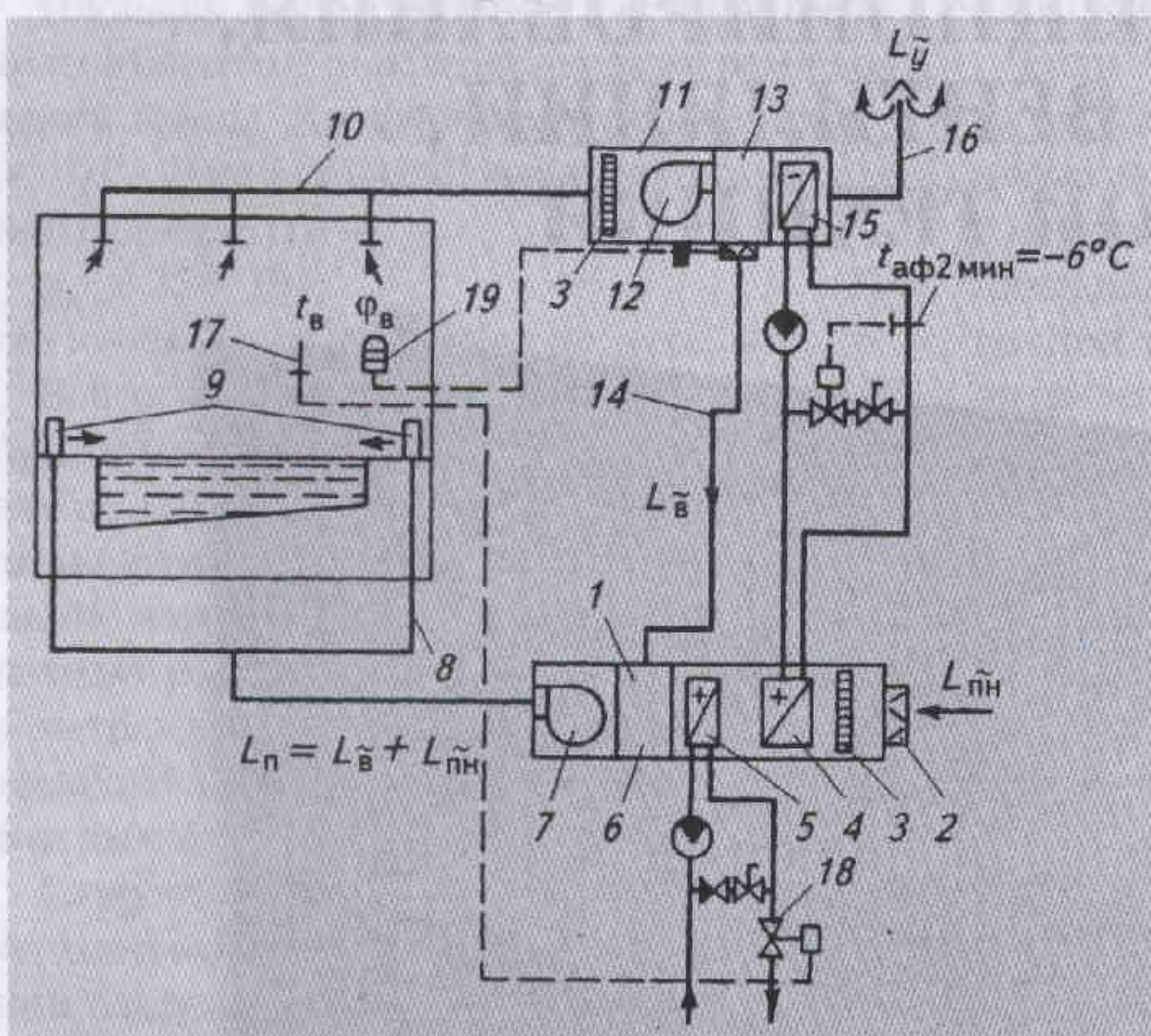


Рис. 3. Принципиальная схема системы микроклимата в помещении бассейна для плавания

# Поздравляем с юбилеем!

## ОЛЕГУ ЯНОВИЧУ КОКОРИНУ 75 ЛЕТ

25 ноября 2000 г. исполнилось 75 лет доктору технических наук, профессору Олегу Яновичу КОКОРИНУ, профессору кафедры «Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха» Московского государственного строительного университета (МГСУ), научному консультанту ряда отечественных фирм.

Жизненный путь Олег Янович начал с участия в Великой Отечественной войне с 1943 по 1945 г.

После демобилизации в 1946 г. поступил и в 1951 г. закончил механический факультет Краснодарского политехнического института, где началась его специализация в области кондиционирования воздуха. С 1951 по 1953 г. работал в институте Латпроект. С 1953 по 1955 г. была учеба в аспирантуре на кафедре «Отопление, вентиляция, кондиционирование» МИСИ (ныне МГСУ), которая

завершилась защитой кандидатской диссертации в области исследования форсуночных камер установок кондиционирования.

С 1954 по 1958 г., будучи старшим научным сотрудником отдела кондиционирования НИИ сантехники, Олег Янович участвовал в исследовании, разработке и организации производства первых отечественных кондиционеров, которые поставлялись на строительство первой очереди Бхилайского металлургического завода в Индии. Здесь в 1959–1960 гг. принимал участие в монтаже и пуске этих кондиционеров.

После возвращения из Индии возглавил лабораторию местных кондиционеров НИИ сантехники, где подготовил и в 1966 г. защитил докторскую диссертацию и опубликовал монографию «Испарительное охлаждение для целей кондиционирования воздуха».



В 60–80-х годах продолжал работать руководителем лаборатории кондиционирования и одновременно был профессором на кафедре «Отопление, вентиляция, кондиционирование» МИСИ. В 1970 и 1978 гг. вышли два издания его монографии «Установки кондиционирования воздуха». Олег Янович был разработчиком учебной программы по специальности «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение», по которой в 1985 г. с его участием опубликован первый учебник.

С 1960 по 1996 г. с его участием созданы системы кондиционирования на многих объектах в Москве и других городах. Впервые в 1983 г. создана и успешно работает энергосберегающая система кондиционирования воздуха в административном здании, ныне занимаемом

Советом Федерации.

По проблеме экономии энергии в 1999 г. им опубликована монография «Энергосберегающая технология систем вентиляции, отопления, кондиционирования воздуха (систем ВОК)», в которой обобщен многолетний опыт научно-исследовательской и проектно-конструкторской работы в области кондиционирования воздуха.

Под руководством О.Я.Кокорина 22 человека защитили кандидатские диссертации и двое – докторские. Он автор 60 изобретений и 360 печатных работ. Более 40 лет О.Я.Кокорин активно сотрудничает в нашем журнале, где опубликовано более 40 его работ.

Желаем юбиляру крепкого здоровья, успехов и продолжения активного сотрудничества с нашим журналом.

риод года равна  $t_{p,y} = 18,6^\circ\text{C}$ . Во избежание конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающих конструкций с помощью нагревательных приборов необходимо обеспечить поддержание температуры их поверхностей зимой на уровне не менее  $19^\circ\text{C}$ . В расчетных режимах теплого периода года температура точки росы удаляемого воздуха равна  $22^\circ\text{C}$  (см. рис. 1). Чтобы предотвратить конденсацию влаги, температура внутренних поверхностей ограждений не должна опускаться летом ниже  $23^\circ\text{C}$ .

Проведенный анализ круглогодичных режимов работы систем микроклимата в помещениях плавательных бассейнов позволил разработать принципиальную схему системы микроклимата, представленную на рис. 3. Приточный агрегат 1 собирается из блоков, включающих по ходу воздуха следующие элементы: многостворчатый воздушный клапан 2 для поступления приточного наружного воздуха при переменном расходе  $L_{п,н}$ ; воздушный фильтр 3; теплоотдающий теплообменник 4 установки утилизации; калорифер второго подогрева 5; смесительную камеру 6; приточный вентилятор 7.

Воздуховодами 8 приточный агрегат 1 соединяется с ламинарными воздушораспределителями 9, из которых приточный воздух  $L_{п,н}$  поступает в зону нахождения людей со скоростью не более  $0,2\text{ м/с}$ . Влажный воздух под потолком через вытяжной воздуховод 10 заби-

рается в вытяжной агрегат 11, который включает: воздушный фильтр 3; вытяжной вентилятор 12; воздушную камеру 13 с воздушным клапаном, соединенную воздуховодом 14 со смесительной камерой 6 приточного агрегата 1; теплоизвлекающий теплообменник 15 установки утилизации; выбросной воздуховод 16 удаляемого в атмосферу воздуха  $L_{у}$ .

В помещении плавательного бассейна термостат 17 контролирует температуру воздуха  $t_v$  в зоне нахождения людей и через импульсную связь воздействует на автоматический клапан 18 изменения расхода горячей воды через калорифер 5. Датчик 19 контролирует влажность воздуха  $\phi_v$  в зоне нахождения людей и через импульсную связь воздействует на моторный привод воздушных клапанов у воздушной камеры 13. При снижении относительной влажности воздуха до нижнего уровня 50 % воздушные клапаны камеры 13 открыты для пропуска по соединительному воздуховоду 14 на рециркуляцию до 50 % удаляемого воздуха, который смешивается с подогретым приточным наружным воздухом в камере 6 приточного агрегата 1. При достижении верхнего уровня относительной влажности воздуха 60 % в зоне нахождения людей датчик 19 подает команду на закрытие воздушных клапанов у воздушной камеры 13, после чего приточный агрегат 1 работает по прямоточной схеме. На схеме (рис. 3) не показаны нагревательные

приборы, которые должны поддерживать температуру на поверхности ограждений помещения плавательного бассейна выше температуры точки росы удаляемого влажного воздуха (см. рис. 1 и 2).

Приточные 1 и вытяжные 11 агрегаты удобно и экономично создавать на базе блоков каркасно-панельных кондиционеров, разработанных и выпускаемых отечественной фирмой «Вега».

В настоящее время только в Москве реализовано более двадцати проектов систем микроклимата плавательных бассейнов, выполненных по схеме на рис. 3. Приточные и вытяжные агрегаты для систем микроклимата производительностью, указанной в приведенном в статье примере, собирают на базе блоков кондиционеров КЦКП-10 фирмы «Вега». (Каталог «Кондиционеры центральные каркасно-панельные», выпущенный в 1999 г., имеется в офисе фирмы).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение.—М.: Стройиздат, 1985.
2. Кокорин О.Я. Энергосберегающие технологии функционирования систем вентиляции, отопления, кондиционирования воздуха (систем ВОК).—М.: Проспект, 1999.
3. СНиП 2.04.05–91\*. Отопление, вентиляция и кондиционирование.—М.: ГУП ЦПП, 1997.