ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ. МЕХАНИЗМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 004

Л.А. Широков, Е.Н. Романенко

НИУ МГСУ

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ БАСЕЙНОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ*

Аннотация. Представлена классификация бассейнов различного назначения. Освещены основные проблемы эксплуатации помещений бассейнов как объектов со сложной водовоздушной средой. Рассмотрены вопросы поддержания оптимальных параметров микроклимата в помещении бассейна. Описана необходимость применения системы контроля микроклимата, ее эффективность и экономичность. Построена математическая модель теплового режима помещения. Проанализирован процесс регулирования температуры в помещении бассейна.

Ключевые слова: бассейн, вентиляция бассейна, комплексная автоматизация, система автоматизированного управления, математическая модель, тепловой режим

DOI: 10.22227/1997-0935.2016.10.69-79

В современном мире важную роль в процессах жизнедеятельности людей играют бассейны. Они удовлетворяют их потребности в отдыхе, положительно влияя на здоровье. Вместе с тем бассейны важны и для промышленного применения, в том числе в строительной индустрии. Для решения различных задач строительства весьма важно изучение влияния параметров микроклимата на строительные материалы и конструкции. С этой целью востребованы бассейны в качестве специализированных полигонов для испытаний строительных материалов и конструкций в различных условиях окружающей среды, включая условия непосредственного воздействия воды.

Эффективное использование бассейнов предусматривает необходимость постоянного поддержания в них определенных гидроклиматических параметров: влажности и температуры воздуха, температуры воды, химического состава воды и воздуха [1, 2]. В специализированных полигонах или камерах для испытаний строительных материалов и конструкций следует еще создавать и поддерживать определенные заданные параметры агрессивности водной и воздушной сред.

Для обеспечения требуемых параметров состояния сред бассейнов эти объекты необходимо оборудовать соответствующими инженерными системами. К ним относятся системы водоподготовки, отопления, вентиляции и др. Такие инженерные системы в ходе своего функционирования должны создавать в помещениях бассейнов водовоздушную среду с заданными параметрами [2].

* Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (грант Президента РФ № 14.Z57.14.6545-ННШ).

Для обеспечения формирования и поддержания требуемых значений технологических параметров водовоздушной среды, их регулирования и управления ими, а также управления инженерными системами в целом необходимо решение задачи разработки соответствующих автоматических систем управления. В условиях многочисленных внешних и внутренних возмущений важной задачей становится не только стабилизация параметров, которые призваны обеспечивать инженерные системы, но и решение вопросов оптимизации и адаптации процессов управления этими системами [3, 4].

Целью настоящей статьи является анализ функционирования различных видов бассейнов, требуемых для этого условий, рассмотрение задачи теплоснабжения рассмотренных видов бассейнов и постановка задачи синтеза оптимальных функций автоматических систем, которые регулируют температуру воздушной среды внутри помещения, а также водной среды в ваннах бассейнов.

Анализ видов бассейнов и проблем их эксплуатации. Бассейн является гидроклиматическим объектом со сложной водовоздушной средой в помещении. Различные виды бассейнов различаются по назначению, структуре, составу и комплектации инженерных систем. В целом бассейны можно подразделить на совокупность видов, которые приведены на рисунке.

Структурная схема классификации бассейнов в соответствии с назначением

В бассейнах и аквапарках спортивно-оздоровительного вида для комфортного и безопасного пребывания людей необходимо регулировать температуру воды, температуру и влажность воздуха, подвижность воздуха, а также химический состав воды в пределах, установленных санитарными и гигиеническими нормами [5]. Так, требуемые параметры воды и микроклимата в бассейне нормируются СанПин 2.1.2.1188-03[6] (табл. 1 и 2).

Для крытых аквапарков нормируемые показатели качества воздуха идентичны показателям для закрытых плавательных бассейнов, но при этом отличаются требования к параметрам воды бассейнов аквапарков, в т.ч. ее температуре. Основные данные из СанПин 2.1.2.1331-03 «Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды аквапарков» [7] приведены в табл. 3.

Табл. 1. Гигиенические требования к параметрам микроклимата основных помещений закрытых плавательных бассейнов [6]

Название помещения	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Параметры воздухообмена (скорость), м³/ч	Скорость движения воздуха, м/с
Залы ванн бассейнов	На 1...2 выше, чем воды	До 65	Не менее 80 на одного занимающегося и не менее 20 на одного зрителя	Не более 0,2

Табл. 2. Виды бассейнов и санитарно-гигиенические требования к их устройству [6]

Виды бассейнов (назначение)	Площадь зеркала воды, м²	Температура воды, °С	Площадь зеркала воды на одного человека, м², не менее	Время полного водообмена, ч, не более
Спортивные	До 1000 Более 1000	24...28	8,0 10,0	8,0
Оздоровительные	До 40 Более 400	26...29	5,0 8,0	6,0

Табл. 3. Санитарно-гигиенические требования к бассейнам аквапарков [7]

Назначение бассейна	Площадь водной поверхности м²/чел., не менее	Температура воды, °С
Гидроаэромассажные бассейны типа «джакузи» с сидячими местами	0,8 и не менее 0,4 м³/чел.	35...39
Бассейны для окунаний	1,5	До 15
Бассейны детские, глубиной до 60 см	2,0	29...32
Бассейны развлекательные	2,5	28...30
Бассейны для плавания	4,5	26...29

Такое различие обусловлено тем, что аквапарк в отличие от плавательного бассейна состоит из нескольких водных ванн различного назначения: для плавания, гидромассажа, спуска с водных горок, а также ванны с холодной водой.

С точки зрения состава и качества воды требования к плавательным бассейнам и аквапаркам едины (табл. 4).

Табл. 4. Показатели качества бассейновой воды

Показатель	Единицы измерения	Норматив
Мутность	мг/л	не более 1,0
Цветность	град	не более 5
Запах	балл	не более 3
Остаточный свободный хлор (кроме гидроаэромассажных бассейнов, см. табл. 1)	мг/л	0,3...0,6

Окончание табл. 4

Показатель	Единицы измерения	Норматив
Остаточный свободный хлор в гидроаэромас- сажных бассейнах (см. табл. 1)	мг/л	0,3...1,0
Озон (при озонировании)	мг/л	отсутствие
Хлороформ	мг/л	не более 0,2
Формальдегид (при озонировании)	мг/л	не более 0,05

В закрытых гидроклиматических комплексах для испытания строительных материалов и конструкций климатические параметры и концентрация агрессивных веществ поддерживается в соответствии с заявками, составляемыми технологами индивидуально по каждому испытанию. Кроме того, в отличие от плавательных бассейнов или аквапарков, как с точки зрения температуры, так и влажности и агрессивности среды, диапазон поддерживаемых параметров в комплексе испытаний шире.

Для поддержания требуемых параметров все три вида бассейнов оборудуются соответствующими инженерными системами. Поддержание температуры и влажности воздуха обеспечивается системами приточно-вытяжной вентиляции, системами отопления и кондиционирования [2, 8, 9]. Важно отметить, что системы кондиционирования выполняют разные задачи в каждом виде объектов. В плавательных бассейнах и аквапарках они используются для осушения воздуха [10], в специализированных полигонах и камерах — для испытаний строительных материалов. Системы кондиционирования в специализированных полигонах и камерах применяются не только для осушения, но и для создания низкой температуры воздуха. Кроме того, в испытательных комплексах строительных материалов и конструкций системы вентиляции дополнительно комплектуются секциями увлажнения воздуха [5].

За поддержание температуры воды в ваннах бассейнов отвечают системы водоподготовки и теплоснабжения. Химический состав воды в плавательных бассейнах и аквапарках регулируется с помощью фильтров грубой и тонкой очистки, а также автоматических систем обеззараживания [2]. В комплексе для испытания строительных материалов и конструкций изменение агрессивности среды обеспечивают специальные установки, дозирующие агрессивные вещества, распыляя их в воздухе или добавляя в воду.

Широкий спектр инженерных систем, применяемых на гидроклиматических объектах, выдвигает повышенные требования к системе управления. В комплексах для испытаний очень важно точно поддерживать заданные параметры и изменять их во времени по заданным программам [4]. В аквапарках и спортивно-оздоровительных бассейнах большое значение приобретает задача стабилизации климатических параметров. Наряду с важнейшей задачей обеспечения технологических режимов во всех видах бассейнов, необходимо решать вопросы оптимизации процессов. Это объясняется высокой энергоемкостью рассматриваемых объектов, масштабным потреблением ресурсов, поэтому их экономичному расходованию следует уделить особое внимание.

Эффективным подходом к построению системы управления, способной решать рассмотренные выше задачи, является синтез интегрированной системы

управления. Действительно, поставляемые штатно разрозненные автономные системы управления в комплекте с различным инженерным оборудованием не обладают возможностями системно решать весь спектр задач управления, а тем более в оптимальном режиме. Кроме того, в условиях изменений не только условий и параметров окружающей среды, а также и структурных факторов, например, численности пользователей в спортивно-оздоровительных бассейнах, объемов загружаемых строительных материалов и конструкций, необходимо обеспечивать интегрированные системы управления адаптивными свойствами [11, 12]. Реализация интегрированных адаптивных систем предусматривает необходимость разработки соответствующих программно-технических комплексов [13].

Интегрированная адаптивная система управления, предназначенная для поддержания гидроклиматических параметров в помещениях со сложной водовоздушной средой, должна отвечать следующим требованиям и решать следующие задачи:

- собирать информацию о состоянии объекта и на ее основании осуществлять управление инженерными системами этого объекта;

- предотвращать аварийные ситуации и аварийные режимы работы оборудования;

- передавать в реальном времени необходимые технологические параметры диспетчеру и своевременно оповещать о предаварийных и аварийных состояниях;

- проводить самодиагностику и оповещать диспетчера о необходимости провести техническое обслуживание того или иного инженерного оборудования [14];

- формализовать режим работы объекта в зависимости от текущей загрузки, потребностей в технической составляющей.

Построение математической модели теплового режима помещения. Для синтеза интегрированной адаптивной системы управления необходимо предварительно провести комплексное исследование объекта, в т.ч. составить математические модели управляемых процессов.

Для всех видов бассейнов наиболее актуальны задачи автоматизации поддержания температурных режимов воздушной и водной сред, которые определяются текущими тепловыми режимами в них.

Математическая модель теплового режима помещений [3, 15] различных бассейнов в общем случае может быть представлена системой уравнений:

$$\begin{cases} \sum_i G_i + \sum_j Q_j = 0; \\ \sum_i M_i + \sum_j M_j = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где Q_i — конвективное тепло, передаваемое внутреннему воздуху от внутренних поверхностей ограждений и поверхностей оборудования, омываемых этим воздухом; Q_j — конвективное тепло, непосредственно передаваемое воздуху помещения, например, от калориферов; M_i — потоки воздуха через ограждающие конструкции (эксфильтрация и инфильтрация); M_j — потоки воздуха, непосредственно передаваемые в помещение или удаляемые из него.

В системе уравнений (1) первым является уравнение теплового баланса внутреннего воздуха и вторым — уравнение воздушного баланса помещения.

Для обеспечения в помещении бассейна заданного теплового режима определим из уравнения теплового баланса количество тепла $Q_{\text{НАГР}}$ которое необходимо подвести в помещение. Для этого воспользуемся соотношением.

$$Q_{\text{НАГР}} = Q_{\text{ОГР}} + Q_{\text{ИНФ}} - Q_{\text{ВН.Т.}} = Q_{\text{ОБЩ}} - Q_{\text{ВН.Т.}} = \frac{\mu + 1}{\mu} Q_{\text{ИНФ}} - Q_{\text{ВН.Т.}}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{ОГР}}$ — потери тепла через ограждающие конструкции за счет теплопроводности, Вт; $Q_{\text{ИНФ}}$ — потери тепла за счет инфильтрации, Вт; $Q_{\text{ВН.Т.}}$ — внутреннее тепловыделение, Вт; $Q_{\text{ОБЩ}}$ — суммарные потери тепла, Вт; $\mu = \frac{Q_{\text{ИНФ}}}{Q_{\text{ОГР}}}$ — коэффициент инфильтрации.

Внутреннее тепловыделение включает в себя следующие составляющие:

$$Q_{\text{ВН.Т.}} = Q_{\text{ЧЕЛ}} + Q_{\text{КОМ}} + Q_{\text{ОБОРУД}} + Q_{\text{МАТ}} + Q_{\text{РАД}} + Q_{\text{ТП}}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{ЧЕЛ}}$ — тепловыделение телами людей, отдыхающих в помещении бассейна, учитывающее интенсивность отдыха в воде, Вт; $Q_{\text{КОМ}}$ — тепловыделения коммуникациями и поверхностями оборудования, Вт; $Q_{\text{ОБОРУД}}$ — тепловыделение электрическим оборудованием, Вт, которое определяется с учетом мощности оборудования, коэффициента его использования и одновременности его использования, а также доли перехода электрической энергии в тепловую; $Q_{\text{МАТ}}$ — тепловыделения нагретыми материалами и изделиями, Вт; $Q_{\text{РАД}}$ — тепло от проникающей в помещение солнечной радиации, Вт; $Q_{\text{ТП}}$ — тепловыделение при технологических процессах (конденсации влаги, экзотермических химических реакций и т.д.), Вт.

При некоторых технологических процессах могут создаваться дополнительные тепловые потери. Это, в частности, происходит при испарении жидкости, что учитывается в балансе со знаком минус [3].

Количество тепла, расходуемого на вентиляцию, определим по формуле

$$Q_{\text{ВЕНТ}} = G_{\text{ПР}} C_{\text{ПР}} (T_{\text{ПР}} - T_0), \quad (4)$$

где $G_{\text{ПР}}$ — масса приточного воздуха, кг/ч; $C_{\text{ПР}}$ — удельная теплоемкость воздуха, Вт·ч/(кг·°С); $T_{\text{ПР}}$, T_0 — температура приточного и наружного воздуха, °С, соответственно.

Для температуры приточного воздуха запишем:

$$T_{\text{ПР}} = T_{\text{ВТ}} + \frac{Q_{\text{ПР}}}{G_{\text{ПР}} C_{\text{ПР}}}, \quad (5)$$

где $Q_{\text{ПР}}$ — количество тепла, возмещаемого системой воздушного отопления, Вт; $T_{\text{ВТ}}$ — температура воздуха, уходящего из помещения, °С.

Для определения массы приточного воздуха примем формулу

$$G_{\text{ПР}} = V \rho \lambda_V + G_{\text{ПР}}^+, \quad (6)$$

где V — объем здания, м³; ρ — плотность воздуха, кг/м³; λ_V — кратность воздухообмена, ч⁻¹; $G_{\text{ПР}}^+$ — масса наружного воздуха, поступающего в помещение за счет инфильтрации, кг/ч.

$$G_{\text{ПР}}^{+} = \sum_{i=1}^n G_{\text{ПР},i}^{+}. \quad (7)$$

В рамках рассматриваемых в данной статье объектов отметим, что в полигонах для испытания строительных конструкций, помещение для проведения испытания конфигурируется по принципу термоса. Поэтому тепловой баланс зависит целиком от теплопритоков систем вентиляции и отопления, которые управляются автоматической системой регулирования исходя из требований, указанных технологами в заявке на испытание.

В плавательных бассейнах и аквапарках основными источниками теплопоступления являются системы отопления и вентиляции, теплопоступление от тел людей и воды в ванне бассейна, электроосвещения. Основные теплопотери связаны с испарением воды с поверхности бассейна и обходных дорожек, потери через ограждающие конструкции и остекление, а также от вытяжной системы вентиляции [2, 16]. Для минимизации потерь тепла через вытяжную систему ее оборудуют теплоутилизаторами, которые передают часть тепла (до 60...80 %) от вытяжного воздуха к приточному, снижая тем самым нагрузку на систему теплоснабжения и увеличивая экономичность системы.

Для проектирования системы автоматического регулирования температуры воздушной среды помещений бассейнов необходимы соответствующие уравнения динамики, определяющие связи между входными и выходными параметрами. В рассматриваемом случае выходными являются значения регулируемых температур помещений, а входными — подводимые потоки тепла. Для помещений бассейнов будем их рассматривать как однородные тела. В этом случае принимается, что распределения температур в этих помещениях обеспечивается одинаковым во всех точках [4, 16].

Тепловая энергия Q , поступающая в помещение, расходуется, как рассматривалось выше, на нагрев самого помещения $Q_{\text{ПОМ}}$ и на покрытие теплопотерь через ограждающие конструкции $Q_{\text{ОГР}}$, т.е.

$$Q = Q_{\text{ПОМ}} + Q_{\text{ОГР}}. \quad (8)$$

За бесконечно малый отрезок времени $d\tau$ в помещение будет подведена энергия $Qd\tau$, расходуемая на нагрев $Q_1d\tau$ самого помещения на dt градусов

$$Q_1d\tau = G_{\text{ПОМ}}c_{\text{ПОМ}}dt \quad (9)$$

и на покрытие расхода энергии $Q_2d\tau$ через ограждающие конструкции

$$Q_2d\tau = k_{\text{ОГР}}F_{\text{ОГР}}\Delta t_B d\tau. \quad (10)$$

Тогда дифференциальное уравнение теплового баланса обогреваемого помещения бассейна можно записать в виде

$$Qd\tau = Q_1d\tau + Q_2d\tau \quad (11)$$

или

$$Qd\tau = G_{\text{ПОМ}}c_{\text{ПОМ}}dt + k_{\text{ОГР}}F_{\text{ОГР}}\Delta t_B d\tau,$$

где τ — время; $G_{\text{ПОМ}}$ — масса помещения бассейна; $c_{\text{ПОМ}}$ — удельная теплоемкость материала помещения; $k_{\text{ОГР}}$ — коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций бассейна; $F_{\text{ОГР}}$ — площадь поверхности ограждающих конструкций бассейна; Δt_B — температурный напор, $\Delta t_B = t_B - t_H$, t_B — температура воздуха в помещении бассейна; t_H — температура наружного воздуха.

На основании полученного уравнения (11) можно записать:

$$Q = G_{\text{пом}} c_{\text{пом}} \frac{dt}{d\tau} + k_{\text{огр}} F_{\text{огр}} \Delta t_{\text{в}}$$

или

$$\frac{Q}{k_{\text{огр}} F_{\text{огр}}} = \frac{G_{\text{пом}} c_{\text{пом}}}{k_{\text{огр}} F_{\text{огр}}} \frac{dt}{d\tau} + \Delta t_{\text{в}}.$$

Вводя обозначение

$$T_{\text{пом}} = \frac{G_{\text{пом}} c_{\text{пом}}}{k_{\text{огр}} F_{\text{огр}}},$$

для последнего уравнения запишем

$$\frac{Q}{k_{\text{огр}} F_{\text{огр}}} = T_{\text{пом}} \frac{dt}{d\tau} + t_{\text{в}} - t_{\text{н}},$$

или

$$\frac{Q}{k_{\text{огр}} F_{\text{огр}}} + t_{\text{н}} = T_{\text{пом}} \frac{dt}{d\tau} + t_{\text{в}}, \quad (12)$$

где Q — тепловая энергия, поступающая в помещение; $T_{\text{пом}}$ — постоянная времени обогреваемого помещения,

В уравнении (12) разделим обе части на значение $t_{\text{в}}$. В результате получим

$$\frac{Q}{k_{\text{огр}} F_{\text{огр}} t_{\text{в}}} + \frac{t_{\text{н}}}{t_{\text{в}}} = \frac{T_{\text{пом}}}{t_{\text{в}}} \frac{dt}{d\tau} + 1. \quad (13)$$

Из уравнения (13), переходя в область комплексного переменного p и обозначая

$$K = \frac{Q}{k_{\text{огр}} F_{\text{огр}}} + t_{\text{н}},$$

получим передаточную функцию обогреваемого помещения бассейна по каналу «количество подводимого тепла – внутренняя температура в помещении»:

$$W(p)_{\text{пом}} = \frac{K}{T_{\text{пом}} p + 1}. \quad (15)$$

Аналогичным образом, учитывая многослойность стенных конструкций, в общем случае можно записать

$$W(p)_{\Sigma} = \prod_{i=1}^{i=n} \frac{K_i}{T_{\text{пом},i} p + 1}, \quad (16)$$

где n — количество слоев стенных конструкций помещения бассейна.

Выводы. В статье приведена классификация бассейнов различного назначения как объектов со сложной водовоздушной средой. Рассмотрены гидроклиматические параметры, которые необходимо контролировать в помещениях, включая санитарно-гигиенические требования к параметрам микроклимата основных помещений закрытых плавательных бассейнов. Выявлены основные проблемы эксплуатации инженерных систем (систем вентиляции, отопления, водоподготовки, теплоснабжения и т.п.), обеспечивающих поддержание этих параметров. Изложенная математическая модель, обобщенно представленная выражением (16), может быть использована для проектирования системы ав-

томатического регулирования температурного режима в бассейне. Она учитывает основные технологические и конструктивные особенности бассейна как объекта автоматизации, которые должны быть приняты во внимание при разработке систем автоматического регулирования. Вместе с тем следует помнить о том, что на тепловое состояние влияют не только потери тепла через потолочные перекрытия, что учитывается в модели (16), но также тепловые потери через открываемые двери, влияние массы воды в ванне бассейна и тепловыделение тел посетителей бассейна. Эти вопросы должны быть рассмотрены самостоятельно, и на основании этого анализа в совокупную модель указанного объекта внесены соответствующие дополнения.

Библиографический список

1. Дроздов В.Ф. Отопление и вентиляция. М. : Высшая школа, 1984. С. 8.
2. Баркалов Б.В., Павлов Н.Н., Амирджанов С.С., Гримитлин М.И., Моор Л.Ф., Позин Г.М., Креймер Б.Н., Рубчинский В.М., Садовская Т.И., Березина Н.И., Бычкова Л.А., Ушомирская А.И., Финкельштейн С.М., Пирумов А.И. Внутренние санитарно-технические устройства: в 3-х ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2 / под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Стройиздат, 1992. 416 с. (Справочник проектировщика)
3. Кувшинов Ю.Я. Динамические свойства помещения с регулируемой температурой воздуха // Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура. 1993. № 4. С. 50–56.
4. Гостев В.И. Проектирование нечетких регуляторов для систем автоматического управления. СПб. : БХВ-Петербург, 2011. 416 с.
5. Алейников А.Е., Федоров А.В. Испарение влаги с водных поверхностей в условиях крытых аквапарков // Стройпрофиль. 2004. № 7 (37).
6. СанПин 2.1.2.1188-03. Плавательные бассейны. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды. Контроль качества.
7. СанПин 2.1.2.1331-03. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды аквапарков.
8. Калинушкин М.П. Вентиляторные установки. 7-е изд., перераб. и доп. М. : Высшая школа, 1979. 223 с.
9. Калинушкин М.П. Насосы и вентиляторы. 6-е изд., перераб. и доп. М. : Высшая школа, 1987. 175 с.
10. Волков А.А. Интеллект зданий: формула // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 3. С. 54–57.
11. Калмаков А.А., Кувшинов Ю.Я., Романова С.С., Щелкунов С.А. Автоматика и автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции / под ред. В.Н. Богословского. М. : Стройиздат, 1986. 479 с.
12. Билалов А.Б., Шияев Д.В., Петроченков А.Б., Билоус О.А., Хабибрахманова Ф.Р. Внедрение автоматизированной системы управления тепловым пунктом // Фундаментальные исследования. 2015. № 8–1. С. 87–92.
13. Цыпкин Я.З. Адаптация и обучение в автоматических системах. М. : Наука, 1968. 399 с.
14. Александровский Н.М., Егоров С.В., Кузин Р.Е. Адаптивные системы автоматического управления сложными технологическими объектами / под общ. ред. Н.М. Александровского. М. : Энергия, 1973. 272 с.
15. Табуничиков Ю.А., Бородач М.М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. М. : АВОК-ПРЕСС, 2002. 194 с.
16. Туркин В.П. Отопление гражданских зданий. Челябинск : Юж.-Урал. кн. изд-во, 1975. 320 с.

Поступила в редакцию в апреле 2016 г.

Об авторах: **Широков Лев Алексеевич** — доктор технических наук, профессор кафедры электротехники и электропривода, **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, eduarlev@gmail.com;

Романенко Евгений Николаевич — аспирант кафедры информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве, **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, roni1968@yandex.ru.

Для цитирования: *Широков Л.А., Романенко Е.Н. Автоматизированное управление инженерной инфраструктурой бассейнов различного назначения // Вестник МГСУ. 2016. № 10. С. 69–79. DOI: 10.22227/1997-0935.2016.10.69-79*

L.A. Shirokov, E.N. Romanenko

AUTOMATED MANAGEMENT OF ENGINEERING INFRASTRUCTURE OF POOLS OF DIFFERENT PURPOSE

Abstract. Pools play an important role in people's life. They answer people's demand in rest and improve their health. At the same time pools are rather important for industrial use, for example in construction industry. In order to solve different construction problems it is essential to investigate the influence of microclimatic parameters on construction materials and structures. For this aim pools are in demand as special test sites for construction materials and structures in different environmental conditions including the case of a direct water impact. The efficient use of pools presupposes the necessity of constant hydroclimatic control: air humidity and temperature, water temperature, chemical composition of water and air.

Classification of pools of different purposes is presented in the article. The author considers the main problems of operation of pools as objects with complicated air-and-water environment. The questions of maintaining optimal microclimatic parameters in a pool are considered. The necessity of use of the control system of a microclimate, its efficiency, profitability and social effect of its implementation is described. A mathematical model of the thermal mode of a pool area is constructed. The process of indoor temperature regulation in the pool is considered.

Key words: pool, pool ventilation, integral automation, automated control system, mathematical model, thermal behavior

References

1. Drozdov V.F. *Otoplenie i ventilyatsiya* [Heating and Ventilation]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1984, p. 8. (In Russian)
2. Barkalov B.V., Pavlov H.H., Amirdzhanov S.S., Grimitlin M.I., Moor L.F., Pozin G.M., Kreymmer B.N., Rubchinskiy V.M., Sadovskaya T.I., Berezina N.I., Bychkova L.A., Ushomirskaya A.I., Finkel'shteyn S.M., Pirumov A.I. *Vnutrennie sanitarno-tekhnicheskie ustroystva: v 3-kh ch. Ch. 3. Ventilyatsiya i konditsionirovanie vozdukha. Kn. 2* [Inner Sanitary-Engineering Installations. In 3 parts. Part 3. Ventilation and Air Conditioning. Book 2]. 4th edition, revised and enlarged. Moscow, Stroyizdat Publ., 1992, 416 p. (Spravochnik proektirovshchika [Designer's Reference Book]) (In Russian)
3. Kuvshinov Yu.Ya. *Dinamicheskie svoystva pomeshcheniya s reguliruemoy temperaturoy vozdukha* [Dynamic Properties of Premises with Controlled Air Temperature]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo i arkhitektura* [News of Higher Educational Institutions. Construction and Architecture]. 1993, no. 4, pp. 50–56. (In Russian)

4. Gostev V.I. *Proektirovanie nechetkikh regulyatorov dlya sistem avtomaticheskogo upravleniya* [Design of Fuzzy Controllers for Automated Control Systems]. Saint Petersburg, BKhV-Peterburg Publ., 2011, 416 p. (In Russian)
5. Aleynikov A.E., Fedorov A.V. Isparenie vlagi s vodnykh poverkhnostey v usloviyakh krytykh akvaparkov [Water Evaporation from Water Surfaces in Roofed Water Parks]. *Stroy-profil'* [Construction Profile]. 2004, no. 7 (37). (In Russian)
6. SanPin 2.1.2.1188-03. *Plavatel'nye basseyny. Gigienicheskie trebovaniya k ustroystvu, ekspluatatsii i kachestvu vody. Kontrol' kachestva* [Sanitary Norms SanPin 2.1.2.1188-03. Swimming Pools. Hygienic Requirements to Arrangement, Operation and Water Quality]. (In Russian)
7. SanPin 2.1.2.1331-03. *Gigienicheskie trebovaniya k ustroystvu, ekspluatatsii i kachestvu vody akvaparkov* [Sanitary Norms SanPin 2.1.2.1331-03. Hygienic Requirements to Arrangement, Operation and Water Quality in Water Parks]. (In Russian)
8. Kalinushkin M.P. *Ventilyatornye ustanovki* [Fan Installations]. 7th edition, revised and enlarged. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1979, 223 p. (In Russian)
9. Kalinushkin M.P. *Nasosy i ventilyatory* [Pumps and Ventilating Fans]. 6th edition, and enlarged. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1987, 175 p. (In Russian)
10. Volkov A.A. Intellect zdaniy: formula [Intelligence of Buildings: the Formula]. *Pro-myshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2012, no. 3, pp. 54–57. (In Russian)
11. Kalmazov A.A., Kuvshinov Yu.Ya., Romanova S.S., Shchelkunov S.A. *Avtomatika i avtomatizatsiya sistem teplogazosnabzheniya i ventilyatsii* [Automatic Devices and Automation of Heat and Gas Supply and Ventilation Systems]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1986, 479 p. (In Russian)
12. Bilalov A.B., Shilyaev D.V., Petrochenkov A.B., Bilous O.A., Khabibrakhmanova F.R. Vnedrenie avtomatizirovannoy sistemy upravleniya teplovym punktom [Implementation of Automated Control System of Heat Supply Station]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research]. 2015, no. 8–1, pp. 87–92. (In Russian)
13. Tsyarkin Ya.Z. *Adaptatsiya i obucheniye v avtomaticheskikh sistemakh* [Adaptation and Education in Automated Systems]. Moscow, Nauka Publ., 1968, 399 p. (In Russian)
14. Aleksandrovskiy N.M., Egorov S.V., Kuzin R.E. *Adaptivnye sistemy avtomaticheskogo upravleniya slozhnymi tekhnologicheskimi ob'ektami* [Adapting Automated Control Systems of Complicated Production Facilities]. Moscow, Energiya Publ., 1973, 272 p. (In Russian)
15. Tabunshchikov Yu.A., Borodach M.M. *Matematicheskoe modelirovaniye i optimizatsiya teplovoy effektivnosti zdaniy* [Mathematical Modeling and Optimization of Thermal Effectiveness of Buildings]. Moscow, AVOK-PRESS Publ., 2002, 194 p. (In Russian)
16. Turkin V.P. *Otopleniye grazhdanskikh zdaniy* [Heat Supply of Civil Buildings] Chelyabinsk, Yuzhno-Ural'skoye knizhnoye izdatel'stvo Publ., 1975, 320 p. (In Russian)

About the authors: **Shirokov Lev Alekseevich** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Electrical Engineering and Electrical Drive, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**, 26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; eduarlev@gmail.com;

Romanenko Evgeniy Nikolaevich — postgraduate student, Department of Information Systems, Technologies and Automation in Construction, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**, 26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; roni1968@yandex.ru.

For citation: Shirokov L.A., Romanenko E.N. Avtomatizirovannoye upravleniye inzhenernoy infrastrukturoy basseynov razlichnogo naznacheniya [Automated Management of Engineering Infrastructure of Pools of Different Purpose]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2016, no. 10, pp. 69–79. (In Russian) DOI: 10.22227/1997-0935.2016.10.69-79