

А. Б. КОЖЕВНИКОВ, канд. техн. наук, генеральный директор ФСП «КРАВТ» (г. Калуга);  
 О. П. ПЕТРОСЯН, канд. физ.-мат. наук (Калужский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана)

## Проблемы экологической и санитарной безопасности плавательных бассейнов

Система водоподготовки плавательных бассейнов должна обеспечивать высокую степень очистки и надежное обеззараживание. Практика показывает, что ненадлежащее исследование характеристик воды, неэффективная химическая обработка и обеззараживание воды, применение устаревших методик оценки качества воды и недостаточно аргументированная и неточная дозировка реагентов могут повлечь за собой серьезные проблемы со здоровьем людей, пользующихся спортивными, муниципальными и коммерческими бассейнами, а также аквапарками и SPA-комплексами.

Анализируя накопленный опыт эксплуатации бассейнов, можно утверждать, что качество воды существенно зависит от совокупности оптимальных значений температуры воды, концентрации дезинфектанта, показателя рН и окислительно-восстановительного потенциала ОРР.

Температура воды и значение рН влияют на растворимость хлора, применяемого в качестве дезинфектанта. Бактерицидный эффект хлора обусловлен не самим хлором и не хлорноватистой кислотой, образующейся в результате растворения хлора в воде, а ионами  $OC1^-$ , образующимися в результате диссоциации (ионизации)  $HOCl$ , и определяется диаграммой равновесия (рис. 1), из которой следует, что эффективность обеззараживания зависит от рН воды. В

кислой среде, соответствующей значениям рН 1—2, хлор практически не взаимодействует с водой. При увеличении рН от 2 до 5 идет образование хлорноватистой кислоты, а при достижении рН 4 весь хлор переходит в форму  $HOCl$ . При достижении рН 6—7 начинается диссоциация (ионизация)  $HOCl$ . В воде появляются ионы  $OC1^-$ , обладающие более высокой химической активностью к биологическим средам, чем хлор. Оптимальные для существования этих ионов значения рН находятся в диапазоне 7,4—7,5.

С повышением рН концентрация хлорноватистой кислоты в воде убывает, при достижении рН 10 появляется ион  $Cl^-$ , который не имеет эффективного бактерицидного эффекта, а  $HOCl$  отсутствует. Концентрация ионов  $OC1^-$  также уменьшается, и бактерицидный эффект ослабевает.

Группа биохимиков-исследователей Гарвардского университета, изучавших окислительную способность хлора Redox-сенсором, выявила, что показания ОРР напрямую свя-

заны с бактерицидной активностью хлора [1—3]. Это было подтверждено дополнительными исследованиями воды плавательных бассейнов в разных странах, что привело к признанию необходимости Redox-тестирования во многих международных и национальных стандартах. Было показано, что ОРР является измеряемым параметром, отражающим множество аспектов химии воды, влияющих на общую бактерицидную эффективность хлора (рН, концентрация остаточного хлора, концентрация органических и азотсодержащих загрязнений и т. д.), и преобразующим их в простое значение (мВ). Этот показатель может непрерывно и надежно показывать приемлемость качества по бактериологическим характеристикам и использоваться для управления дозаторами с целью поддержания этого качества на высшем уровне (рис. 2). Redox-контроль дает простое, надежное и точное представление об активности дезинфектанта и качестве воды. С помощью одного простого измерения мы получаем информацию, которая потребовала бы проведения серий тестов и дорогостоящих химических и биологических реактивов. ОРР оценивает химическую активность дезинфектанта, в частности, его окислительную способность, что является одним из наиболее важных параметров, влияющих на способность дезинфектанта уничтожить бактерии и мик-

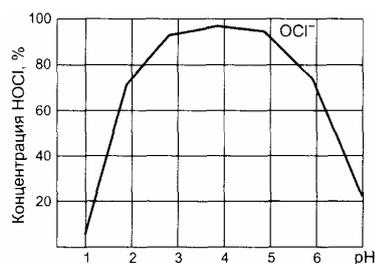
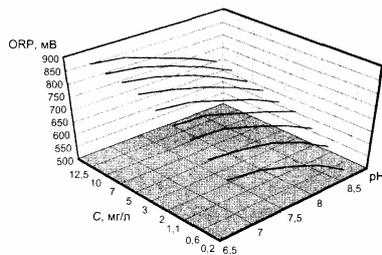


Рис. 1. Равновесная диаграмма хлор - хлорноватистая кислота в воде

робы (его бактерицидную активность), а также определяет значения качественных параметров воды.

Анализ данных показывает, если ORP выше 650 мВ (рекомендуемый диапазон для бассейнов и SPA-комплексов 650—800 мВ), то качество воды отвечает стандартам по бактериологическим показателям. В очень чистой воде он может даже превышать 800 мВ. Однако, если ORP менее 650 мВ, то очевидно бактериальное загрязнение, следовательно, требуется частичная замена отработанной воды свежей. В более загрязненной воде потребуется большее количество дезинфектанта для достижения необходимых показателей ORP. Утром, перед использованием бассейна, следует отрегулировать pH до значений 7,4-7,5 и концентрацию хлора 1—2 мг/л. После того, как рециркуляционный насос проработает в течение нескольких минут, необходимо снять показания ORP и использовать это значение в качестве установочного.

Контроль, регулирование и поддержание в оптимальных пределах с достаточно высокой точностью значений pH, ORP и концентрации хлора в воде при известной температуре являются важнейшей составляющей работы оборудования водоподготовки бассейнов и должны обеспечиваться непрерывно в течение всего времени функционирования бассейна. Такие требования может выдержать только оборудование, работающее в автоматическом режиме и способное не только контролировать значения вышеназванных параметров в непрерывном режиме, но и изменять режим своей работы для поддержания этих значений в требуемых пределах [4]. Такому



**Рис. 2. Диаграмма зависимости ORP, pH и концентрации хлора C в воде**

уровню соответствуют современные механизмы и устройства, оснащенные системами автоматического управления на базе современных контроллеров, объединенные на основе современной компьютерной техники в единую автоматизированную систему управления технологическим процессом (АСУТП) водоподготовки плавательных бассейнов, которая является единым комплексом диспетчеризации функционирования всего оборудования бассейна. При моделировании отдельных процессов, адаптации моделей к изменяющимся условиям эксплуатации, а также в процедурах управления использовано программное обеспечение, что повышает точность функционирования системы в целом.

АСУТП плавательных бассейнов позволяют не только поддерживать характеристики воды в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями, но и, что очень важно, дают возможность минимизировать дозу вводимого хлора, исключая тем самым его испарение с поверхности воды. Отсутствие таких систем на действующих объектах приводит, как правило, к передозировкам хлора (якобы для качественной дезинфекции воды), а значит, к испарению его нерастворенной части с водной поверхности в помещении (с чем связан ха-

рактерный запах в помещении многих бассейнов). В результате соединения хлора с влагой, содержащейся в помещении бассейна, образуются хлорноватистая и соляная кислоты, что, кроме прочих негативных факторов, увеличивает коррозию металлоконструкций, ухудшает прочностные характеристики железобетонных и иных конструкций здания бассейна. Более того, длительная эксплуатация бассейнов на таком уровне может привести к разрушению элементов его конструкций вплоть до возможного их обрушения.

На сегодняшний день практически нет технических проблем в создании передовых автоматических систем водоподготовки для плавательных бассейнов, причем большинство элементов этих систем производится российскими компаниями с техническими характеристиками и качеством исполнения, соответствующими современным требованиям к изделиям такого класса, что обеспечивает их конкурентоспособность и на мировом рынке.

В АСУТП плавательных бассейнов на экране компьютера диспетчерского пункта в режиме реального времени отображается работа всех систем, измерительных и исполнительных механизмов с демонстрацией фактических значений контролируемых параметров, а программное обеспечение позволяет диспетчеру со своего рабочего места при необходимости изменять режим работы любого объекта водоподготовки. Такие технические возможности позволяют обеспечить высокое качество водоподготовки благодаря более точному автоматическому управлению локальными устройствами и системой водоподготовки в целом.

Системы водоподготовки следует разделить на два типа в зависимости от вида применяемого дезинфектанта: хлора и гипохлорита натрия. Системы, использующие газообразный хлор, относятся к числу опасных производственных объектов [5], а значит, их техническое обеспечение и функционирование более жестко регламентируются по сравнению с системами, применяющими гипохлорит. Такое разделение удобно и потому, что существует технологическая и экономическая целесообразность применения либо хлора, либо гипохлорита. Например, гипохлорит в виде раствора имеет слишком низкую концентрацию активной составляющей (190 г/л — гипохлорит марки А, 10 г/л - гипохлорит марки Б). Поэтому его применение целесообразно для небольших бассейнов. Большие бассейны, требующие значительного количества дезинфектанта для обеззараживания воды, должны использовать для этих целей хлор, так как с

его помощью можно произвести обеззараживание в десятки и сотни раз большего количества воды за один и тот же промежуток времени.

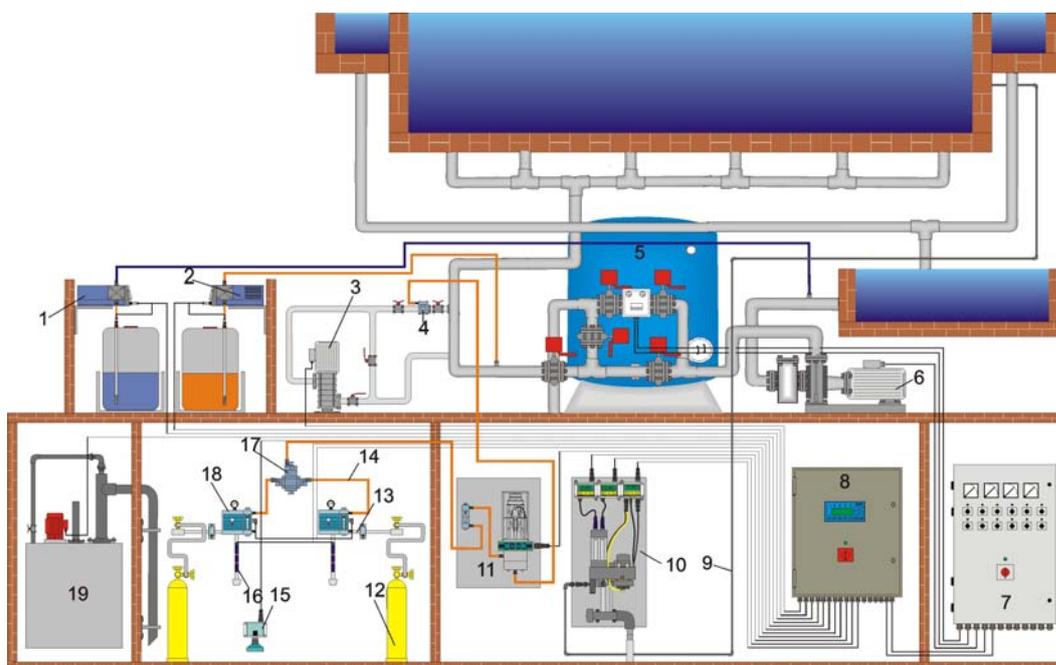
Хлор и хлорсодержащие реагенты используются для обеззараживания воды в плавательных бассейнах во всем мире. Основанием выбора хлора является его уникальное свойство — эффект последствия (дезинфицирующие свойства хлора сохраняются длительное время, обеспечивая эпидемиологическую и санитарную безопасность). Все остальные методы обеззараживания воды, в том числе и промышленно применяемые в настоящее время озонирование и УФ-облучение, не обеспечивают пролонгированного обеззараживающего действия и поэтому требуют обязательного дополнительного хлорирования.

На рис. 3 представлена современная типовая схема водоподготовки больших плавательных бассейнов, широко распространенная в странах Западной

Европы и, к сожалению, практически не внедренная до сего времени в России. Весь перечень необходимого оборудования [6] производится в России на ФСП «КРАВТ», поэтому есть все предпосылки для широкого внедрения передовых технологий при строительстве бассейнов в нашей стране.

Технологическая процедура в этой схеме обычна: основным насосом 6 отработанная вода бассейна вводится в систему водоподготовки, проходит процесс коагуляции и песчаный фильтр 5, после которого дозирующим насосом 2 в нее добавляется раствор рН-корректора и, наконец, осуществляется обеззараживание воды хлором с помощью эжектора 4 и насоса 3 с доставкой хлора к эжектору из баллона 12 через хлоратор 18, хлоропроводы, вентиляльные и переключающие устройства. После обеззараживания вода направляется в бассейн.

Особого внимания заслуживает организация систем



**Рис. 3. Система водоподготовки большого бассейна**

7 - насос-дозатор флокулянта; 2 - насос-дозатор рН-корректора; 3 - насос эжектора; 4 - эжектор; 5 - песчаный фильтр с насосом; 6 - основной насос; 7 - коммутационный шкаф; 8 - аквапроцессор; 9 - отвод воды для анализа; 10 - анализатор-регулятор  $Cl_2$ , pH, ORP; 11 - электромеханический дозирующий вентиль; 12 - баллон с хлором; 13 - коллектор; 14 - хлоропровод; 15 - детектор хлора в воздухе; 16 - испаритель жидкого хлора; 17 - автоматический переключатель; 18 - хлоратор; 19 - нейтрализатор хлора (газа)

локальной автоматики, включая подбор измерительных и исполнительных устройств, успешно функционирующих под управлением современных контроллеров, и их объединение в единую автоматизированную систему АСУТП плавательного бассейна с помощью модуля управления и коммутации 7, связанную с компьютером диспетчера. В частности, рассматриваемая система водоподготовки укомплектована системами автоматического регулирования расхода хлора (САР-РХ), рН (САР-рН) и ОРР (САР-Redox), а также системами дистанционного управления (СДУ): СДУ-РХ, СДУ-рН, СДУ-Redox, каждая из которых является составной частью вышеречисленных систем автоматического регулирования.

В состав САР-РХ входят следующие узлы, работающие как самостоятельные устройства: анализатор содержания хлора в воде (АСХВ) с блоком дистанционного управления (БДУ-РХ), электромеханический дозирующий клапан (ЭМКДВ), блок питания. В случае применения в качестве дезинфектанта газообразного хлора дозирующим устройством служит вакуумный хлоратор эжекторного типа АХВ-1000.

Для предупреждения аварийных ситуаций предлагается система автоматической нейтрализации аварийного выброса хлора (САН-АВ), которая состоит из датчика содержания хлора в воздухе (ДСХВ), блока дистанционного управления нейтрализатором и сигнализацией, нейтрализатора, аварийной сигнализации и блока электропитания. Нейтрализатор 19 представляет собой емкость, наполненную нейтрализующим хлор раствором, прокачиваемым насосом по замкнутому контуру: емкость нейтрализато-

ра — насос — эжектор — емкость нейтрализатора. При этом в эжектор всасывается газообразный хлор с воздухом помещения хлораторной, который попадает в поток нейтрализующего раствора, что фактически исключает его воздействие на окружающую среду и человека.

Система автоматического регулирования рН (САР-рН) обеспечивает непрерывное измерение значения рН в воде и автоматическое регулирование расхода раствора рН-корректора в соответствии с заданным диспетчером значением. В состав САР-рН входят узлы, работающие как самостоятельные устройства: анализатор рН (АС-рН) с блоком дистанционного управления (БДУ-рН), дозирующий насос мембранного типа, блок питания. БДУ-рН не содержит АС-рН, но позволяет производить регулирование расхода раствора рН-корректора непосредственно с рабочего места диспетчера.

Система автоматического регулирования ОРР (САР-Redox) используется в бассейнах и SPA-комплексах для поддержания требуемого качества воды путем периодической дозированной замены отработанной воды свежей с целью поддержания величины ОРР в диапазоне 650—800 мВ (область максимальной дезинфекционной активности хлора). В состав САР-Redox входят следующие узлы, работающие как самостоятельные устройства: Redox-анализатор (АС-Redox) с блоком дистанционного управления (БДУ-Redox), дозирующие насосы мембранного типа, блок электропитания. Сенсоры монтируются на рециркуляционной (для большого бассейна — на обводной) линии перед фильтром или после него.

Нормальное функционирование системы требует адекват-

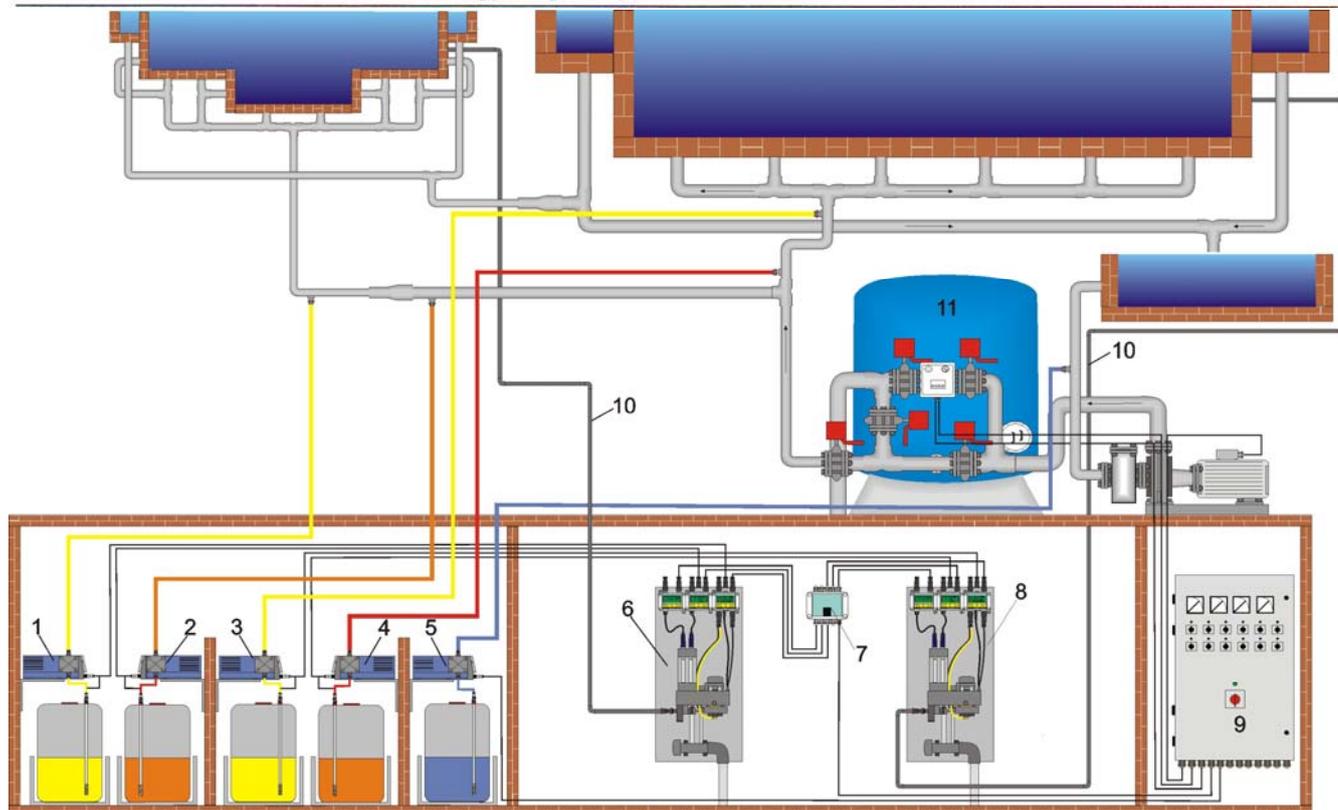
ного дозирующего оборудования. Расположение и мощность дозаторов должны быть подобраны так, чтобы быстро реагировать на команды процессора. Если дозаторы меньшей мощности, чем необходимо, это приведет к запаздыванию реакции дозирующих устройств и химическому дисбалансу.

В схеме на рис. 3 АСХВ, АС-рН и АС-Redox, а также БДУ-РХ, БДУ-рН и БДУ-Redox смонтированы на одной панели 10, а соответствующие им блоки питания (как и блоки питания других устройств) — в коммутационном шкафу 7. ЭМКДВ с ротаметром расхода хлора установлен на панели // . Сформированные в блоках дистанционного управления выходные сигналы направляются в модуль управления и после их программной обработки в рамках обеспечения функционирования всей автоматизированной системы поступают на исполнительные механизмы и средства визуализации, регистрации и контроля текущих состояний каждого объектного модуля системы.

Схемы водоподготовки комплекса малых бассейнов в принципе аналогичны (рис. 4), отличие лишь в том, что в качестве дезинфектанта используется гипохлорит натрия, дозирование которого осуществляется не хлораторами, а дозирующими насосами / и 3. Кроме того, не нужен нейтрализатор аварийного выброса хлора, что в целом упрощает систему, позволяет исключить аквапроцессор и управлять дозирующими насосами напрямую с БДУ-РХ, БДУ-рН и БДУ-Redox, расположенными на панелях 8 и 6.

## Выводы

Приведенные схемы водоподготовки плавательных бассейнов используются на многих



**Рис. 4. Система водоподготовки комплекса малых бассейнов**

1 - насос-дозатор гипохлорита натрия; 2 - насос-дозатор рН-корректора; 3 - насос-дозатор гипохлорита натрия; 4 - насос-дозатор рН-корректора; 5 - насос-дозатор флокулянта; 6 - анализатор-регулятор Cl, рН, ОРР гидромассажного бассейна; 7- блок питания и коммутации; 8 - анализатор-регулятор Cl, рН, ОРР плавательного бассейна; 9 - коммутационный шкаф; 10 - отвод воды в измерительные ячейки; 11 — песчаный фильтр с насосом

объектах за рубежом. Эксплуатация таких систем подтвердила надежность применения технических решений, качественную работу устройств локальной автоматики и автоматизированных систем в целом.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. J. Steinnger D. Eng. Sc..  
C. Pareja, Eng. Tech. ORP  
Sensov respons in chlorinated  
water. — NSPI Water Chemistry  
Simposium, 1996. V. 1.

2. J. Steinnger D. Sc. ORP  
control in pools and spas / Santa  
Barbara Control Sistsms. —  
Copyright SBCS, 1998.  
3. Драгински В. Л., Алек-  
сеева Л. П., Самойлович  
В. Г. Озонирование в процес-  
сах очистки воды. — М., 2007.  
4. Кожевников А. Б., Пет-  
росян О. П. Комплексная  
автоматизация станций во-  
доподготовки. - Тр. семина-  
ра-конференции «Правовое и  
техническое регулирование в

области охраны окружающей  
среды, питьевого водоснабже-  
ния и водоотведения». — М.:  
НИИ КВОВ, 2005.

5. Федеральный закон от 21 июля  
1997 г. № 116-ФЗ «О промыш-  
ленной безопасности опасных  
производственных объектов».  
6. Кожевников А. Б., Пет-  
росян О. П. Промышленная  
и эпидемиологическая безо-  
пасность при обеззараживании  
питьевой воды//Водоснабже-  
ние и сан. техника. 2005. № 5.