

УДК 628.15

**СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ШТУЧНИХ ПЛАВАЛЬНИХ БАСЕЙНІВ**

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ОЧИСТКИ ВОДЫ ИСКУССТВЕННЫХ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАСЕЙНОВ**

**MODERN TECHNOLOGY AND EQUIPMENT WATER TREATMENT OF ARTIFICIAL SWIMMING POOL**

**Синій С. В., к.т.н., доц., Шостак А. В., к.т.н., доц., Сунак П. О., к.т.н., доц.**  
(Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

**Синий С. В. к.т.н., доц., Шостак А. В., к.т.н., доц., Сунак П. О., к.т.н., доц.**  
(Луцкий национальный технический университет, г. Луцк)

**Synii S. V., candidate of technical sciences, assistant professor, Shostak A. V., candidate of technical sciences, assistant professor, Sunak P. O., candidate of technical sciences, assistant professor** (Lutsk National Technical University, Lutsk)

**У статті розглянуто сучасні вітчизняні тенденції застосування технологій та обладнання очищення води при експлуатації штучних плавальних басейнів у зв'язку з поширенням нових матеріалів та технологій.**

**В статье рассмотрены современные отечественные тенденции применения технологий и оборудования очистки воды при эксплуатации искусственных плавательных бассейнов в связи с распространением новых материалов и технологий.**

**The article reviews current trends in the use of domestic technologies and equipment water purification in the operation of artificial swimming pools due to the proliferation of new materials and technologies.**

**Постановка проблеми.** Однією з ознак сучасного розвитку експлуатації штучних плавальних басейнів є велика різноманітність застосовуваних матеріалів, обладнання та технологій.

А тому, важливим завданням для України є широке впровадження різноманітних способів очищення води штучних плавальних басейнів, що дозволить диференційовано враховувати вимоги різних споживачів послуг –

населення, громадських закладів (в т.ч. лікувальних, спортивних, розважальних).

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** До складу сучасного штучного плавального басейну, як комплексу функціонально поєднаних споруд і пристроїв, що забезпечують заданий технологічний режим, входять такі споруди та обладнання для очищення води [1, 2]: обладнання та пристрої ванни, станція обробки і подавання води, обладнання допоміжних приміщень і майданчиків, сантехнічне і спецобладнання. Призначення басейну диктує вимоги до його режиму експлуатації і системи водопостачання. Басейни криті (зимові) експлуатують цілорічно, відкриті – цілорічно чи сезонно (літні). Розрізняють басейни за сантехоблаштуванням залежно від характеру технологічного водопостачання, водного і теплотехнічного режиму.

**Постановка завдання.** Розглянемо детальніше які матеріали, обладнання і технології очищення води набувають поширення при сучасних вітчизняних умовах та вимогах до експлуатації штучних плавальних басейнів.

**Основний матеріал досліджень.** До складу обладнання для очищення і дезінфекції циркулюючої води, входять [1, 2, 4-8]: пристрої для видалення випадкових предметів і крупних забруднень (грубе очищення); пристрої для видалення високодисперсних домішок, які спричиняють мутність і колірність води (тонке очищення); установки знезараження води; реагентні установки (коагулювання, підлужування); циркуляційні насоси; установки підігрівання циркулюючої води; КВП і системи автомат-керування.

Попереднє очищення води. Великі забруднення та предмети, випадково залишені у ванні, затримуються решітками (металевими, пластмасовими), встановлюваними на випусках з ванни. Для вилучення з циркулюючої води більш дрібних забруднень (окалин, волосся тощо) на всмоктувальній лінії рециркуляційного трубопроводу безпосередньо за випусками з ванни встановлюють грубі фільтри з механічним або гідравлічним очищенням.

Коагулювання води. Забруднення води ванни грубо- та тонкодисперсними механічними домішками, колоїдально-розчиненими речовинами збільшують мутність і колірність води.

Для інтенсифікації процесів освітлення і знебарвлення циркулюючої води багатократним пропусканням її через водоочисні установки в плавальних басейнах застосовують коагулювання. Для прискорення процесу утворення осаду в коагульовану воду вводять різноманітні флокулянти. У плавбасейнах розчини реагентів (коагулянту, лугу, кислоти) вводяться спецпристроями, зазвичай однієї установки.

Освітлення і знебарвлення води. Очищення циркулюючої води плавбасейнів переважно виконується безвідстійним фільтруванням на скорих напірних фільтрах із зернистим завантаженням, для якого використовуються: кварцовий пісок, гравій, керамзит, антрацит, активоване вугілля, гранульований синтетик і пінопласт, тканини із штучних волокон з нанесеними на них матеріалами (кізельгур, штучна смола) тощо.

Фільтрувальна здатність завантаження напірних фільтрів відновлюється промиванням їх (до 15 хв) у висхідному протипотоці з води (і повітря). Середня розрахункова швидкість фільтрування на напірних фільтрах 25-30м/год.

Кількість напірних фільтрів рекомендується приймати не менше 2, для уникнення різкої зміни швидкостей фільтрування.

Аерування води. Аерування води відноситься до допоміжних методів покращення якості води. Воно сприяє циркуляції води у ванні, тобто рухові забруднень до випусків, рівномірному розподілу дезінфектанту по усьому об'єму води у ванні [1, 2, 4-8]. Інтенсивність подачі повітрорудками у ванну басейну стисненого повітря рекомендується 0,1 – 0,3 м<sup>3</sup>/год на 1 м<sup>3</sup> об'єму води у ванні.

Повітря подається по пластмасових трубах зі швидкістю 15–20м/с, через отвори знизу труби діаметром 1.5 – 2,5 мм та швидкістю руху повітря в отворах 20 – 30 м/с. У системах гідромасажу спа аерування застовується окремо (airpool) або разом з водними струменями (turbopool).

Знезараження води. Існуючі методи дезінфекції води плавбасейнів: реагентні, безреагентні і комбіновані. Реагентні – хлорування, озонування, олігодинамія (обробка іонами срібла, міді та ін.), бромовання, йодування та ін. Безреагентні – обробка бактерицидними променями, ультразвуком та ін. Комбіновані – одночасно застосовуються два способи знезараження або два дезінфектанти, один з яких здатен на протязі тривалого часу зберігати свою активність у воді.

Коротка характеристика найпоширеніших сучасних методів дезінфекції води плавбасейнів наведена нижче.

Хлорування води. На сьогодні це найпоширеніший метод знезараження води, внаслідок його високої ефективності. Застосування газоподібного хлору або хлоромістких сполук, які вступають у реакцію з водою або з розчиненими у ній солями, призводить до загибелі мікроорганізмів та бактерій.

Знезараження води хлором або хлоромісткими препаратами виконується такими дозами, які б після повного окислення органічних речовин у воді забезпечили надлишок хлору, так званий залишковий хлор, який може бути присутнім у воді у вигляді вільного або зв'язаного активного хлору. Якщо вода басейну має рН=7,2, то у ній присутньо біля 60% активного хлору у вигляді хлорноватистої кислоти HOCl, а із збільшенням рН кількість HOCl зменшується, при рН=8,5 міститься всього біля 10% хлорноватистої кислоти (тобто, знезаражувальний ефект у 6 раз нижчий). При рН>7,8 знижується бактерицидний вплив хлору, збільшується мутність і колірність, можливе заростання труб і фільтрів.

Щоб забезпечити бактерицидний ефект хлору потрібно збільшувати його концентрацію, що призводить до подразнення слизової оболонки очей і носа. При рН<7,2 посилюються окислювальні процеси, виникає корозія, а при

подальшому збільшенні концентрації залишкового хлору – подразнення слизової оболонки очей. При  $\text{pH} < 6,5$  вода стає такою агресивною, що починається посилена корозія в усій рециркуляційній системі.

При наявності у воді басейну аміаку, хлор вступає з ним в реакцію окислення більш активніше, ніж для утворення  $\text{HOCl}$ , тим самим знижуючи концентрацію  $\text{HOCl}$ . Зважаючи на вітчизняні нормативні вимоги, при хлоруванні води у системі зворотнього водопостачання басейнів концентрація залишкового хлору складає  $0,3\text{--}0,8 \text{ мг/дм}^3$ . При тривалій рециркуляції води спостерігається „звикання” бактерій, мікроорганізмів і навіть амеб до такої концентрації залишкового хлору.

Утворені стійкі форми можна знищити ударним хлоруванням води або комбінованим методом знезараження. Ударне хлорування води ( $4\text{--}5 \text{ мг/м}^3$ ) знищує хлор-стійкі форми бактерій, знижує концентрації азотомістких сполук і збільшує вміст  $\text{HOCl}$ . Після ударного хлорування виконують дехлорування (реагентами із застосуванням установки для дехлорування), або призупиняють заняття у ванні до відновлення допустимої норми  $\text{HOCl}$ . Із хлор-газу з балона (промисловість випускає зріджений хлор-газ за ГОСТ 6718-68 густиною  $2,147 \text{ кг/м}^3$ ) хлорний розчин води приготують у хлораторі установки для знезараження води, яка поступає у ванну басейна [6]. Для знезараження води можуть застосовуватись і інші сполуки хлору у вигляді газів (двоокис хлору та ін.), розчинів (гіпохлорит натрію та ін.), порошків, таблеток і гранул (гіпохлорит кальцію та ін.), що зумовлює велику різноманітність установок для хлорування води [2, 4-8].

Більшість типів установок лише хлорують воду, а окремі установки також здійснюють виготовлення хлоромістких препаратів із сировини, як наприклад, отримання гіпохлориту натрію із повареної солі  $\text{NaCl}$  в електролізній установці. Зберігання та експлуатація установок на хлор-газі вимагає підвищеної уваги до заходів з дотримання безпеки, а тому при реконструкції старих басейнів зазвичай переходять до установок на розчинах чи сухих сполуках хлору. Така ж тенденція характерна для господарств водоканалів населених пунктів.

Стабілізація дії активного хлору. Залишкова післядія (розкладання у воді) хлору складає близько 6–8 год. Збільшення тривалості збереження активного хлору у воді плавбасейну досягається додаванням у неї стабілізаторів хлору, особливо потрібних для відкритих басейнів, для сповільнення розкладання хлору у воді під дією сонячних променів і тепла.

Озонування води. Озоном знищуються бактерії, спори, віруси і руйнуються органічні речовини, розчинені у воді. Він не лише знезаражує, але й покращує фізичні та органолептичні властивості води – знеколірнення та дезодорацію.

Озон більш ефективний, ніж хлор при знищенні спор і руйнуванні оболонок одноклітинних мікроорганізмів, мікроводоростей і найпростіших. Для знищення водоростей достатньо дози озону  $0,5\text{--}1 \text{ мг/дм}^3$ . Зменшення

колірності води при озонуванні зростає з підвищенням рівня рН. Застосуванням озону покращується видалення з води заліза і марганцю, через затримання їх нерозчинних солей фільтруванням. Вода, оброблена озоном має гарний голубий відтінок, розчинені у ній мінеральні речовини не змінюють свого складу.

Озон не впливає на природні властивості води, а надлишок його у воді не погіршує її якості. При нормальній температурі озон самостійно дисоціює, особливо у воді. З підвищенням температури води розпад озону збільшується. Порівняно з хлоруванням озонування має ряд переваг: озон отримують на місці, в озонаторах (на відміну від привізного хлору); озон не викликає подразнень слизової оболонки очей і носа навіть при надлишковому його вмісті у воді.

Однак є і недоліки: велика вартість обладнання і самого процесу знезараження води, оскільки для отримання озону потрібна висока напруга і струм високої частоти; швидке розкладання озону з води (залишкова післядія – до 5 хв); мала гранично допустима концентрація озону у повітрі приміщення басейну, яка становить  $0,001 \text{ мг/м}^3$  (озон вибухонебезпечний). Дозу озону в плавбасейнах вибирають з режиму роботи системи водообміну, вона коливається від 0,2 до 2  $\text{мг/дм}^3$ . Впровадження озонування води плавальних басейнів здійснюють фірми BWT (Австрія), Grunbeck, MTS (Німеччина), Aura (США) та ін.

Бактерицидне опромінення води. Знезараження води ультрафіолетовими (УФ) променями є чисто фізичним (безреагентним) методом. Бактерицидні промені знищують усі види бактерій, враховуючи спорів і хлорстійкі форми, не змінюючи смакові і хімічні властивості води. Обробка води УФ-променями на УФ-установках здійснюється значно швидше, ніж реагентами. Однак ефект знезараження знижується при збільшенні мутності води. УФ-установка містить герметичну камеру з УФ-лампю в кварцовому чохла, який омивається потоком води, що знезаражується.

УФ-установки можуть монтуватись паралельно, відповідно до заданої витрати оброблюваної води. Залишкова післядія після обробки води відсутня, тому УФ-установки застосовують в системі разом з іншими. До недоліків слід також віднести потребу в періодичній заміні ламп (ресурс близько 1500 – 2000 год). Широкий спектр УФ-знезаражувачів води системи Sterilight пропонується канадською компанією-виробником R-Cap.

Знезараження води іонами срібла. Результатами багатьох досліджень підтверджено ефективний бактерицидний вплив іонів срібла на більшість патогенних мікроорганізмів, а також і на віруси. Однак спороутворюючі різновиди мікроорганізмів практично майже нечутливі до срібла. Збагачення води іонами срібла може здійснюватись кількома способами: безпосереднім контактом води з поверхнею срібла (посріблені поверхні піску, каміння тощо), обробкою води розчином солей срібла, електролітичним методом. Найбільш розповсюдженим з них є електролітичний метод, який для

ефективного використання потребує доброї попередньої фільтрації оброблюваної води та жорсткого контролю її за рівнем рН (оптимальні межі 6,9–7,2). Спосіб знезараження води іонами срібла потребує дорогого реагенту (срібла), є складним для знезараження великих об'ємів води, тому застосовується переважно у невеликих приватних басейнах та спа.

Комбіновані методи знезараження води. Дані методи використовують як доповнюючі один одного. Наприклад, знезараження води УФ-променями часто поєднують із хлоруванням чи озонуванням. Відомі і ряд інших комбінованих методів, наприклад, знезараження води іонами срібла та озону. При спільному застосуванні УФ-опромінення та хлорування у 2–3 рази знижується витрата хлору і спрощується експлуатація хлораторної установки. УФ-установку в такій схемі розташовують після фільтрів, до вводу розчину хлору. У схемі, яка передбачає разом з озонуванням УФ-опромінення, озонатор розташовують перед фільтрувальною установкою.

Боротьба з цвітінням і обростанням. У плавбасейнах, особливо літніх, спостерігається цвітіння, ріст планктону і водоростей. Певний ефект створюється вибраним методом знезараження, а при потребі застосовується підмішування у воду додаткових реагентів, вибраних після аналізу конкретних забруднювальних факторів. Ці реагенти випускаються промислово, рекомендації до їх застосування подаються самостійно і у рекламній підтримці до методів знезараження води.

Для забезпечення заданого режиму водообміну басейнів використовується насосне обладнання та матеріали великої кількості виробників як вітчизняних так і закордонних: Wilo, Grunbeck, MTS, Zodiak-Kern, Bayrol, ProMinent, Kulland (Німеччина), BWT (Австрія), Aqualux (Франція), Folkpool (Швеція), Astral, Kripsol, Murgbarpools (Іспанія), Atlantik pools (Канада), Culligan (США). Визначальними чинниками при виборі матеріалу труб та арматури є агресивність транспортованого середовища і потреба зниження гідравлічних опорів, а тому перевага надається металопластику, сталі.

При експлуатації плавбасейну обов'язковим є контроль якості води. У сучасних умовах використовуються експрес-методи, які активно витісняють лабораторні методи, особливо це стосується тестування води за хлормісткими сполуками та рівнем рН. Загальний санітарно-хімічний аналіз води басейну, при якому визначаються основні показники її якості, що нормовані ГОСТ 2874-82 [3]. Для води кольорової з незначним вмістом завислих частинок оптимальні межі рН при коагулюванні 6,5–7,0, для порівняно мало кольорової 7,2 – 7,8.

Швидко визначення хлоровмісту у воді ванни (безпосередньо біля ванни) виконується закордонними портативними приладами (країн Європи, США, Китаю) – прозорі посудини для проб води з наклеєною порівняльною шкалою еталонного зафарбування. У чисту посудину заливається еталонний об'єм вимірюваної води та вкидається таблетка розчинного реагенту і, після фіксованого часу реакції, проводиться визначення хлоровмісту у воді шляхом

порівняння зафарбування розчину із еталонною шкалою приладу. Аналогічно можуть визначатись концентрації інших речовин, що впливають на якість води у ванні. Таке вимірювання значень показників портативними приладами є порівняно дешевим, а тому найчастіше використовується у невеликих приватних басейнах та спа.

Автоматичний експрес-аналіз води за основними якісними показниками (температура, хімположуки, рН) здійснюється пристроями, вмонтованими у саму систему оборотного водопостачання басейну. При цьому дані замірів проб води у контрольних точках системи виводяться на екран пристрою для оцінки та програмування робочих процесів системи технологічного водопостачання плавбасейну.

На сьогодні, до провідних розробників хімічних препаратів для очищення води належать фірми Німеччини та Швеції, широкий асортимент препаратів можна класифікувати на групи: хлор ударний (для ударного хлорування); хлор економний (для довготривалого підтримання концентрації); хлорний баланс (запобігає швидкому розкладанню хлору); флокулятор (для осадження міречовин); стимулятор та понижувач кислотно-лужного балансу (рН+ та рН-); ліквідатори водоростей, інших забруднень (мінсаду – стабілізатор жорсткості води; мінвідкладень на стінках ванни та обладнання; жирових плям на поверхнях; каламутності).

**Висновки.** Таким чином, розвиток експлуатації штучних плавбасейнів в Україні спирається на сучасні матеріали і технології для систем очищення води.

Однак, темпи розвитку є досить низькими і недостатніми для забезпечення відповідних потреб споживачів. Більшість матеріалів та обладнання є закордонного виробництва, а тому дороговартісними. Тому, переважає будівництво невеликих за об'ємом (10–60 м<sup>3</sup>) плавбасейнів та поступова реконструкція (модернізація) більших басейнів, розвивається будівництво великих басейнів для розважальних комплексів, аквапарків (для збільшення пропускну здатності басейнів).

1. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води / А. К. Запольський. - К.: Вища шк., 2005 – 671 с.
2. Майдалян Т.М. Правильный бассейн в доме и на участке / Т.М. Майдалян. – М: ООО «Дом XXI век», ООО «ИД РИПОЛ классик», 2007. – 181 с.
3. ГОСТ 2874-82 Вода питьевая гигиенические требования и контроль за качеством. – М., 1982.
4. Основы проектирования частных плавательных бассейнов. Проспект Grunbesk Wasseraufbereitung GmbH (Німеччина). – 2010. – 15 с.
5. Насосы и установки для отвода стоков и оборудование для бассейнов. Каталог Wilo Pumpen-Perfektion (Німеччина). – 2012. – 98 с.
6. Advanse. Дозаторы хлоргаза. Проспект фірми ДМРВ (Угорщина). – 2007. – 4 с.
7. Каталог продукції фірми MTS produkte GmbH (Німеччина). – 2011. – 60 с.
8. Проспект обладнання фірми BWT (Австрія). – 2002. – 12 с.