

УДК 628.355

**Епоян С.М., Штонда І.Ю.,***Харківський національний університет будівництва та архітектури,***Шаляпін С. М., Шаляпіна Т.С.,***Харківська електротехнічна компанія,***Зубко О.Л., Штонда Ю.І.***ТОВ «ЕКВІК», м. Харків*

## УЛЬТРАФІОЛЕТОВІ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ТА ШЛЯХИ ЇХ ВДОСКОНАЛЕННЯ

Сучасні тенденції промислового розвитку базуються на трьох загальних засадах: зростанні економічного рівня життя населення, розвитку промисловості та охороні навколишнього середовища. Всі ці три напрямки тісно пов'язані поміж собою. Так зростання економічного рівня життя населення неможливе без інтенсивного розвитку промисловості. В свою чергу розвиток промисловості пов'язаний з проблемою забруднення навколишнього середовища. З чого можна зробити висновок, що зростання добробуту населення напряму пов'язано з проблемою охорони навколишнього середовища.

Одним з основних факторів, який надає значний вплив навколишньому середовищу, є забруднення водоймищ промисловими відходами та продуктами життєдіяльності людини. Особливо це стосується стійких хлорорганічних сполук, які утворюються у стічних водах при їх знезараженні за допомогою хлору. Проведені дослідження показали, що наявність у водоймищах хлорорганічних сполук приводить до гибелі флори і фауни, які населяють ці водоймища. Не слід забувати і про те, що в Україні понад 70% населення отримує питну воду з поверхневих джерел, в які скидаються отруєні хлором промислові та побутові стічні води. Все це приводить до того, що питання зменшення використання хлору для знезараження стічних вод стає дуже актуальним.

Цілю даної роботи є пошук заміни сполук хлору в практиці водовідведення на більш екологічні знезаражені способи. Світовий досвід показує, що найбільш доцільною альтернативою знезараженню стічних вод хлором є використання екологічно безпечної технології знезараження

води ультрафіолетовим (УФ) опромінюванням. Екологічна безпека та економічна доцільність використання методу знезараження стічних вод за допомогою УФ променів досить суттєва [1 - 10].

Для знезараження стічних вод використовуються два основних типа УФ установок, які умовно можна назвати УФ установками каналного (або лоткового) типу та УФ установками корпусного типу, які відрізняються одна від одної розміщенням джерел УФ випромінювання. Так, в УФ установках каналного типу джерела УФ випромінювання (УФ лампи) розміщуються безпосередньо у заповненій водою порожнині каналу (так звані занурені джерела УФ випромінювання) або над водою [11].

В УФ установках корпусного типу, як правило, використовуються занурені у воду УФ лампи, які розміщуються всередині спеціального корпусу. Такі установки не потребують суттєвих капітальних витрат і легко встановлюються в каналізаційних колодязях, що існують, або в приміщеннях каналізаційних насосних станцій.

Ще одним різновидом УФ установок є УФ установки лоткового або корпусного типів, у яких УФ лампи розміщуються безпосередньо над поверхнею води, яка знезаражується. Слід зауважити, що ефективність знезараження УФ установок з зануреними джерелами УФ випромінювання в 3 – 5 разів вища, ніж у УФ установок, у яких УФ лампи розміщуються над поверхнею води. Тому, установки з таким розміщенням УФ ламп використовують для знезараження невеликих об'ємів стічних вод.

УФ установки також можна класифікувати за методом очищення кварцових чохлаів, у яких розміщуються УФ лампи. Необхідність використання в УФ установках кварцових чохлаів диктується насамперед необхідністю захисту УФ ламп від прямого контакту з водою, яка знезаражується та необхідністю стабілізації робочих параметрів УФ ламп. У процесі експлуатації на зовнішній поверхні занурених у воду захисних кварцових чохлаів здійснюється відкладання органічних та мінеральних сполук, які зменшують інтенсивність УФ випромінювання, що приводить до суттєвого зниження ефективності знезаражування стічних вод [4].

Для очищення поверхні кварцових чохлаів використовуються хімічний або фізичний методи очищення. У першому випадку здійснюється хімічне протравлення зовнішньої поверхні кварцових чохлаів спеціальними миючими розчинами. У другому випадку проводиться механічне очищення зовнішньої поверхні захисних кварцових чохлаів спеціальними щітками або очисними манжетами. Існує ще один метод фізичного очищення кварцових чохлаів – за допомогою ультразвуку. Але у зв'язку з високою вартістю ультразвукового обладнання цей метод не знайшов широкого використання. Слід зауважити, що в установках, які призначені для знезаражування стічних вод, перевагу слід надавати установкам, які мають вбудовану систему механічного очищення кварцових чохлаів. Річ у тому, що для здійснення хімічного очищення кварцових чохлаів необхідно на деякий час (на кілька годин) вивести УФ установку з експлуатації, перекрити проток води через камеру знезаражування або перекрити канал, по якому протікають стічні води, додати у воду, яка знаходиться в камері знезаражування (або каналі), строго дозовану кількість миючого засобу та на протязі 30 – 60 хвилин за допомогою спеціального циркуляційного насоса здійснити промивання всієї внутрішньої частини камери знезаражування. Після закінчення промивання камеру знезаражування та миючий розчин необхідно нейтралізувати питною содою та утилізувати миючий розчин. Враховуючи, що камери зне-

заражування УФ установок великої продуктивності мають досить великі розміри, кількість промивної рідини, яку необхідно утилізувати, може скласти декілька кубічних метрів, що може визвати значні труднощі.

На відміну від хімічного очищення кварцових чохлаів при застосуванні системи їх механічного очищення повністю відсутня необхідність виведення установки з експлуатації. Очищення кварцових чохлаів здійснюється безпосередньо під час роботи УФ установки. Система механічного очищення кварцових чохлаів складається зі спеціальних гумових або полімерних щіток (манжет), які щільно надіваються на циліндричну поверхню кварцових чохлаів та за допомогою спеціального приводного механізму переміщуються вдовж кварцових чохлаів, здійснюючи їх очищення. В залежності від конструктивних особливостей УФ установки переміщення очисного механізму може здійснюватись в ручному або в автоматичному режимі.

Багаторічний досвід застосування УФ установок з різними типами очищення кварцових чохлаів показує, що найбільш зручним виявляється використання УФ установок з вбудованою системою механічного очищення захисних кварцових чохлаів з автоматичним приводом.

Як вже згадувалось, для знезаражування стічних вод використовується два основних типа УФ установок: каналного (або лоткового) типу та корпусні УФ установки. Використання того чи іншого типу УФ установок насамперед диктується технологічною схемою водовідведення та особливостями розташування водоочисного обладнання. При наявності відкритих каналів або лотків, по яким здійснюється проток води, доцільно ставити УФ установки каналного (лоткового) типу з зануреними джерелами УФ випромінювання. Але при цьому необхідно брати до уваги, що всі кварцові чохлаї (в яких розміщені УФ лампи) завжди повинні знаходитися під водою. Це забезпечує високий коефіцієнт використання знезаражуючого опромінення та забезпечує надійну та довговічну роботу щіток очисного механізму. Для

занурених у воду джерел УФ випромінювання, коефіцієнт використання опромінення дорівнюється 90%, що забезпечує високу ефективність знезаражування води та низькі витрати електроенергії, яка споживається УФ установкою. Для УФ ламп, які знаходяться над водою, величина цього коефіцієнту становить 15 – 30%, що суттєво знижує ефективність роботи УФ установки. При цьому необхідно пам'ятати і про оптимальну для знезаражування товщину шару води що знезаражується [4], яка для стічних вод складає 40 – 50 мм.

Для встановлення та підтримки необхідного рівня води у каналі, необхідно встановлювати спеціальні регулюючі пристрої. За допомогою таких пристроїв забезпечуються необхідні для безаварійної роботи УФ установки мінімальний та максимальний рівень води у каналі. Слід зауважити, що робота таких регулюючих пристроїв повинна здійснюватись виключно в автоматичному режимі.

Безумовним достоїнством УФ установок каналного типу є мала металоємність їх конструкції та можливість безпосереднього їх встановлення в самому каналі, що значно зменшує капітальні витрати на побудову станції УФ знезаражування. Основним їх недоліком є необхідність підтримки заданого рівня води у каналі та складність самої регулюючої системи.

Від цих недоліків вільні УФ установки корпусного типу, у яких джерела УФ випромінювання розташовуються в порожнині камери знезаражування. УФ установки корпусного типу складаються з камери знезаражування, вбудованої всередину цієї камери системи механічного очищення кварцових чохлів, джерел УФ випромінювання, шафи з пусковою та регулюючою апаратурою та шафи управління. В установках корпусного типу всі джерела УФ випромінювання виконуються зануреними у воду, чим забезпечується високий коефіцієнт використання випромінювання та, як наслідок, низькі витрати електричної енергії, яка необхідна для знезаражування стічної води. Для забезпечення нормальних умов роботи УФ установки та запобіганню включення УФ

установки без заповненою водою камери знезараження УФ установки оснащуються датчиками наявності води. Така запобіжна система не дає можливості провести включення УФ ламп поки не буде заповнена водою камера знезаражування. Це запобігає перегріву УФ ламп та виключає можливість роботи системи очищення кварцових чохлів у режимі «сухого ходу».

Основним достоїнством УФ установок корпусного типу є те, що весь обсяг води, який знаходиться у камері знезаражування, не має прямого контакту з повітрям приміщення, де вони розташовується, що дозволяє їх розміщувати як в закритих приміщеннях, так і у каналізаційних колодязях, або знезаражувати воду, яка тече під тиском. Приєднання УФ установок корпусного типу до колекторів здійснюється герметичним чином за допомогою вхідного та вихідного патрубків. Корпус камери знезаражування таких установок може бути розрахований на тиск до 10 кг/см<sup>2</sup>, що значно розширює область їх використання, наприклад, для знезаражування шахтних вод. Єдиним недоліком УФ установок корпусного типу є їх підвищена металоємність, яка в певній мірі починається на вартості обладнання.

Як вже згадувалось, вибір між тим, який тип УФ установки використовувати для знезаражування стічних вод, насамперед залежить від технологічної схеми очисних споруд та типу колектора, по якому скидаються стічні води. При виборі типу УФ установки, у першу чергу, необхідно оцінити вартість експлуатаційних витрат, величину капітальних витрат на будівництво станції УФ знезаражування та зручність і надійність її експлуатації. До безумовних переваг УФ установок каналного типу відноситься простота їх конструкції, але при цьому велику увагу необхідно уділити системі контролю та підтримки рівня води у каналі. Застосування УФ установок корпусного типу значно спрощує та з дешевлює їх монтаж на місці експлуатації, при цьому витрати на експлуатацію таких установок можуть бути менш, ніж при експлуатації УФ установок каналного типу.

Сучасні тенденції проектування станцій УФ знезаражування стічних вод сконцентровані насамперед на впровадженні високоефективних, економічних та природоохоронних технологій. Так, на протязі останнього десятиріччя на рівні з традиційними технологіями УФ знезаражування стічних вод з'явилися нові технології, які об'єднують у собі основні переваги УФ опромінювання і хімічного окиснювання. Так, на сьогоднішній день інтенсивний розвиток отримали технології «активного окиснювання», або Advanced Oxidation Process, які ґрунтуються на спільній дії на об'єкт, який знезаражується, ультрафіолетового опромінювання та озону або перекису водню [12]. Проведені експерименти та дослідна експлуатація установок, які ґрунтуються на використанні технології «активного окиснювання», показали їх високу ефективність стосовно знезаражування стічних вод з досить високим вмістом завислих речовин, при цьому були виявлені ефекти суттєвого зниження кольоровості стічних вод, збільшення їх прозорості та фотохімічної деструкції органічних речовин, які знаходяться у воді. Це відкриває хороші перспективи для УФ знезаражування стічних, зливових та шахтних вод з підвищеним вмістом завислих речовин, нафтопродуктів, фенолів та інших речовин.

Розробниками знезаражуючого УФ обладнання постійно ведуться роботи по вдосконаленню конструкцій УФ установок, які направлені на підвищення їх експлуатаційних параметрів. Так, впровадження в конструкцію УФ установок сучасного електронного обладнання та нового покоління УФ ламп, дозволило підвищити термін експлуатації УФ обладнання між заміною бактерицидних ламп з 5 000 – 9 000 годин до 13 000 – 16 000 годин, що дозволило значно рідше зупиняти знезаражуюче обладнання для проведення профілактичних робіт та заміни УФ ламп та зменшити кількість споживаної електроенергії [13].

Важливий внесок в удосконалення УФ обладнання вносить впровадження енергозберігаючих технологій. Основним напрямком в цьому є широке використання у

знезаражуючих УФ установках бактерицидних ламп низького тиску (LTC, TUV, HNS, ДБ та інші). Основною перевагою таких ламп по зрівнянню з УФ лампами середнього тиску (наприклад, з лампами, які використовує компанія BERSON, або УФ лампами типу НОК (Philips), ДРТ (Полтавський завод ГРЛ), ДРТБ (НВО «ЛІСМА»)) є їх висока економічність та значно більший ресурс роботи.

Не менш важливим фактором зниження енергоємності УФ установок є розробка нових систем автоматичного управління, які дозволяють узгоджувати потужність УФ установки в залежності від величини миттєвого потоку води через камеру знезаражування [8].

Ще одним перспективним напрямком в розробці нових знезаражуючих станцій, який дозволить суттєво знизити витрати на експлуатацію знезаражуючих УФ установок, може стати впровадження локальних систем альтернативного енергопостачання на базі мікроГЕС та використання електроенергії, яка ними виробляється, для часткового живлення УФ установок та іншого технологічного обладнання. Впровадження таких мікрогідроелектростанцій у стічних колекторах дозволить перетворювати кінетичну енергію потоку у дешеву електричну енергію, що суттєво знизить витрати на експлуатацію УФ знезаражуючого та водоочисного обладнання.

### Висновок

Використання для знезаражування стічних вод технології та сучасного обладнання для ультрафіолетового (УФ) опромінювання забезпечує високу ефективність, достатньо низьку собівартість та характеризується високою екологічною безпекою.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Василенко О.А., Грабовський П.О., Ларкіна Г.М., Поліщук О.В., Прогульний В.І. Реконструкція і інтенсифікація споруд водопостачання та водовідведення: Навчальний посібник. – К.: ІВН ВКП "Укрґеліотек", 2010. – 272 с.
2. Василенко О.А., Епоян С.М., Смірнова Г.М., Корінько І.В., Василенко Л.О., Айрапетян Т.С. Водопостачання та очистка стічних вод міста. Курсове і дипломне проєк-



- тування. Приклади та розрахунки: Навчальний посібник. – Київ-Харків, КНУБА, ХНУБА, ТО Ексклюзив, 2012. – 540 с.
3. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Учебное издание. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. – 760 с.
  4. Гончаренко А.І., Колесніченко О.А., Шаляпін С.М. Застосування УФ випромінювання для знезараження стічних вод // Виробничо-практичний журнал «Водопостачання та водовідведення» - К.: 2012. - №6 - С.28 – 35.
  5. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – К.: Вища шк., 2005. – 671 с.
  6. Теоретические основы очистки воды: учебное пособие / Н.И. Куликов, А.Я. Найманов, Н.П. Омельченко, В.Н. Чернышев. – Донецк: издательство "Ноулидж" (Донецкое отделение), 2009. – 289 с.
  7. Шаляпін С.М, Шаляпіна Т.С., Штонда Ю.І. Порівняння різних методів знезараження стічних вод // Виробничо-практичний журнал «Водопостачання та водовідведення». – К.: 2013. - №3. – С.20 – 25.
  8. Шаляпін С.М, Шаляпіна Т.С. Об особенностях выбора УФ установок, предназначенных для обеззараживания сточных вод и пути снижения их энергоёмкости // Виробничо-практичний журнал «Водопостачання та водовідведення». - К.: 2014. - №1. – С.20 -24.
  9. Эпоян. С.М., Штонда И.Ю., Штонда Ю.И., Шаляпин С.Н., Шаляпина Т.С., Зубко А.Л. Обеззараживание сточных вод на локальных очистных сооружениях при использовании ультрафиолетового излучения // Motrol. Commission of motorization and energttics in agriculture. –Lublin - Rzeszow. – 2013.- Volume 15 №6. – С. 85-92.
  10. Штонда Ю.И., Шаляпин С.Н., Штонда И.Ю., Шаляпина Т.С. Обеззараживание сточных вод на локальных очистных сооружениях // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: ІХ міжнародна науково-практична конференція, 09-13 вересня 2013 р., м. Алушта: збірник наукових статей. - Харків: «Райдер». - 2013. - Т. 1. - С. 282 – 287.
  11. Шаляпін С.М, Штонда Ю.І., Шаляпіна Т.С. Застосування УФ опромінювання для знезараження стічних вод на малих очистних спорудах // Виробничо-практичний журнал «Водопостачання та водовідведення» – К.: 2013 - №2. - С.14 – 19.
  12. Кулішенко О.Ю., Кравченко Т.Б., Остапенко В.Т., Остапенко Р.В., Шаляпін С.М., Шаляпіна Т.С. Активований кисень як альтернатива сильним окиснювачам в системах водоочищення // Виробничо-практичний журнал «Водопостачання та водовідведення» - К.: 2013 - №5. – С.16 – 22.
  13. УФ стерилізатори серії ВОДОГРАЙ® <http://www.helco.co.ua>.

УДК 004.932.2

**Тесленко М. Г.**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

### **ИЗМЕРЕНИЕ УГЛА СМАЧИВАНИЯ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ**

Поверхностные свойства материалов влияют на разнообразные процессы. Так, например, смачивание материала влияет на такие процессы, как покраска, пайка, склеивание; смачивание металлов соответствующими жидкостями ускоряет и облегчает их механическую обработку (резку, сверление, шлифование и др.). Поэтому исследование смачивания является важным для многих отраслей промышленности.

Существующие методы исследований достаточно сложны и имеют относительно невысокую точность. В данной работе применяется метод оптического измерения угла смачивания. Измерение смачивания выполняется путем измерения равновесного краевого угла [4] на изображении материала. Предлагается измерять угол путем построения касательной в краевой точке либо путем построения точек на линии трехфазного контакта.