



УФ УСТАНОВКИ ЛОТКОВОГО ТИПУ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ СТІЧНИХ ВОД НА ЛОКАЛЬНИХ ОЧИСНИХ СПОРУДАХ

С.М. Епоян, д.т.н., проф., Харківський національний університет будівництва та архітектури (ХНУБА);
Т.С. Шаляпіна, к.т.н., ТОВ «ХАРКІВСЬКА ІНЖЕНЕРНА КОМПАНІЯ»

Необхідність розробки високоефективних знезаражуючих систем. Сучасна ситуація з катастрофічним впливом інфекційних захворювань на безпеку життєдіяльності людини ставить першочергову задачу розробки недорогих та ефективних систем знезараження побутових та господарчих стоків [1-3]. На сьогоднішній день велика кількість стічних вод, у тому числі й стоки санаторіїв, готелів, інфекційних лікарень та відділень, не знезаражується, що призводить до безпосереднього зараження водоймищ та джерел питного водопостачання небезпечними бактеріями та вірусами. Тривалість життя бактерій та вірусів, що потрапляють у водоймища, може досягати кількох тижнів. Так, у воді бактерії тифозної та паратифозної груп, холерна та дизентерійна палички зберігають свою життєздатність протягом 35-60 діб при температурі навколишнього середовища на рівні 4-37°C, що створює пряму загрозу здоров'ю людини. Відсутність або низька ефективність систем знезараження стічних вод напругу веде до виникнення небезпечних епідемій [4]. Крім того, слід брати до уваги, що бактерії та віруси з часом підвищують свою резистентність до хлору. Тобто, для забезпечення надійного знезараження стічних вод із часом потрібно підвищувати концен-

трацію у воді токсичного хлору, що безпосередньо веде до утворення у знезараженій воді небезпечних речовин. Одним із найефективніших та недорогих методів знезараження стоків є технологія, яка основана на бактерицидній дії УФ випромінювання.

Критерії вибору. На сьогоднішній день багато компаній виробляє сучасне обладнання для очищення стічних вод. Але лише деякі з них приділяють достатню увагу питанню їх знезаражування. Широке розповсюдження малих очисних споруд потребує окремого підходу до проблеми знезаражування очищених стічних вод. Так, наприклад, знезаражуюче обладнання повинно відповідати таким вимогам:

- забезпечувати високу ефективність знезараження стічних вод як у літній, так і у зимовий час;
- виключати забруднення навколишнього середовища небезпечними речовинами, у тому числі токсичними хлор-органічними сполуками;
- мати високу надійність;
- бути простим в експлуатації та обслуговуванні;
- мати низькі експлуатаційні витрати.

Усім цим вимогам, насамперед, відповідають знезаражуючі УФ установки серії ВОДОГРАЙ®, принцип дії яких заснований на бактерицидному ефекті ультрафіолетового (УФ) випромінювання.

Застосування УФ випромінювання для знезаражування стічних вод базується на суто природному факторі: під дією короткохвильового ультрафіолетового випромінювання, яке є частиною сонячного спектру, здійснюється миттєве руйнування клітин небезпечних мікроорганізмів, що знаходяться у воді. В результаті чого стічні води стають біологічно безпечними і їх можна не тільки скидати у природні водоймища, але й використовувати для поливу рослин на присадибній ділянці тощо.

Ефективність знезараження. Бактерицидний вплив короткохвильового УФ випромінювання на різні мікроорганізми, які знаходяться у воді, насамперед визначається товщиною шару води, що знезаражується, та її фізико-хімічними властивостями. Ефективність знезараження можна оцінити за наступною формулою:

$$N/N_0 = \exp(-Et/D),$$



де

N - кількість мікроорганізмів у одиниці об'єму після УФ опромінювання;

N_0 - кількість мікроорганізмів у одиниці об'єму до УФ опромінювання;

E - інтенсивність бактерицидного опромінювання, мВт/см²;

t - тривалість опромінювання (УФ знезараження), с;

D - кількість енергії бактерицидного УФ випромінювання (залежить від типу мікроорганізму), яка поглинута мікроорганізмом, мДж/см².

На рисунку 1 наведена ефективність знешкодження бактерій *Vact. Colicommunis* під впливом бактерицидного опромінювання [5].

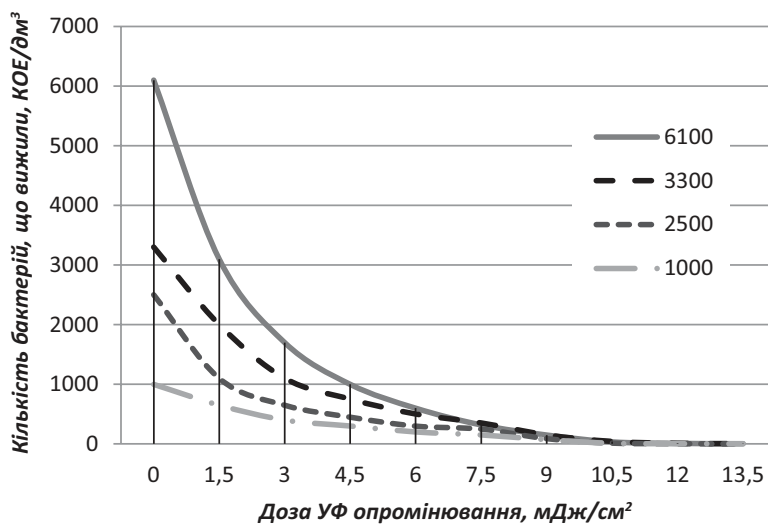


Рис. 1. Відмирання бактерій *Vact. Colicommunis* під впливом бактерицидного опромінювання [5]: 6100, 3300, 2500, 1000 – початкова концентрація бактерій КВО/дм³

Із наведених даних видно, що при дозі УФ опромінення, яка дорівнює 13,5 мДж/см², досягається 100% ефективність знищення бактерій *Vact. Colicommunis*. Для інших типів мікроорганізмів спостерігається аналогічна залежність. Проведені дослідження дозволили встановити значення знезаражуючої дози УФ опромінювання для основних типів мікроорганізмів, які зустрічаються у воді.

З метою забезпечення високої надійності знезараження були прийняті такі значення знезаражуючої дози УФ опромінювання (УФ доза):

для питної води $D \geq 16$ мДж/см²,

для очищених стоків $D \geq 30$ мДж/см², а при наявності у воді вірусів значення знезаражуючої дози повинно становити не менше 40 мДж/см² [6].

Апаратурна реалізація. Для знезараження стічних вод широке розповсюдження отримали ультрафіолетові установки лоткового та корпусного типів [7, 8]. УФ установки лоткового типу призначені для знезараження стічної води, яка тече по відкритому лотку (камері знезараження). Ці установки відзначаються простотою та надійністю конструкції. Знезараження води у таких установках здійснюється за допомогою бактерицидних УФ ламп, які розміщуються над дзеркалом води. Враховуючи, що прозорість стічних вод обмежена наявністю достатньо великої кількості завислих речовин та ламінарним режимом течії води через камеру знезараження, знезараження води ефективно здійснюється тільки у невеликому прошарку товщиною 2-5 см.

Цей тип УФ установок спеціально розроблений для знезараження попередньо очищених стоків із вмістом завислих речовин не більше 10 мг/дм³, при значенні БПК₅ ≤ 10 мгО₂/дм³ та ХПК ≤ 50 мгО₂/дм³. Висока надій-



Доза УФ опромінювання, яка необхідна для інактивації деяких бактерій та вірусів з ефективністю 99,9% [6]

№	Вид мікроорганізму	D, мДж/см ²
1	Shigella flexneri	5,2
2	Shigella dysenteriae	8,8
3	Salmonella paratyphi	6,1
4	Salmonella typhi	7,5
5	Proteus vulgaris	7,8
6	Staphylococcus aureus	7,8
7	Escherichia coli	6,0
8	Virus poliomyelitis	6,0
9	Vibrio cholerae	6,5
10	Salmonella enteritidis	7,6
11	Mycobacterium tuberculosis	10,0
12	Pseudomonas aeruginosa	10,5
13	Virus hepatitis A	11,0



ність знезараження досягається при концентрації у стоках, що знезаражуються, термотолерантних коліформних бактерій не більше $5 \cdot 10^6$ КУО/дм³, коліфагів - не більше $5 \cdot 10^4$ БУО/дм³.

Простота і надійність конструкції дозволяє застосовувати їх для знезараження стічних вод у складі очисних споруд котеджів, невеликих готелів, дитячих шкільних та дошкільних установ, лікарень тощо. УФ установка встановлюється безпосередньо на виході невеликих очисних споруд, наприклад, в колодязі або приямку. Основною перевагою УФ установок лоткового типу є можливість роботи в автономному режимі без постійного обслуговування. Застосовані конструктивні рішення забезпечують надійну роботу УФ установок протягом усього терміну експлуатації, що дозволяє значно знизити витрати на їх експлуатацію.

Конструктивні особливості. УФ установка складається з

камери знезараження та інші її частини виконані з нержавіючої сталі та стійких до корозії матеріалів. Очищення поверхні УФ ламп від органічних забруднень здійснюється 1 раз у три-чотири місяці. Для очищення УФ ламп необхідно підняти кришку камери знезараження і протерти УФ лампи чистою ганчіркою, змоченою у спирті. УФ установки серії ВОДОГРАЙ® оснащуються сучасними високоефективними бактерицидними лампами, ресурс яких перевищує 9000 годин.

Управління УФ установкою здійснюється за допомогою шафи управління, яка забезпечує ввімкнення і вимикання встановлених у камері знезараження УФ ламп, світлову індикацію їх роботи, облік часу роботи УФ установки. УФ установки оснащені системою захисного відключення системи електроживлення при випадковому дотику обслуговуючого персоналу до струмопровідних частин УФ установки. Живлення УФ установок здійснюється від однофазної електричної мережі змінного струму напругою 220 В.

Оперативний контроль. УФ установки оснащуються системою віддаленого контролю, яка забезпечує збір технічної інформації про основні та аварійні режими роботи установки та у автоматичному режимі надсилає їх на комп'ютер або смартфон оператора. Таким чином здійснюється постійний оперативний контроль за роботою системи УФ знезараження. Отримана інформація архівується та зберігається у спеціальному хмарному сервісі. Оператор або інша уповноважена особа у будь-який час може зайти на сервер та отримати детальну інформацію про роботу УФ установки за конкретний період.



Основні технічні параметри УФ установок лоткового типу ВОДОГРАЙ® В-КС

Технічний параметр	Модель								
	В1КС	В3КС	В5КС	В7КС	В10КС	В12КС	В15КС	В17КС	В20КС
Продуктивність м ³ /годину, не більше	1,2	2,8	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20
Доза УФ опромінювання, мДж/см ² ,	30								
Потужність, кВт	0,06	0,12	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66	0,77	0,88
Умовний прохід магістральних патрубків	DN100					DN150			

камери знезараження і шафи управління. Всередині камери знезараження (на кришці над водою) розміщені бактерицидні УФ лампи. Таке розміщення УФ ламп дозволяє значно спростити конструкцію установки та забезпечити високу ефективність знезараження. Корпус

Алгоритм вибору. При виборі типу та моделі УФ установки для знезараження стічних вод насамперед необхідно оцінити вартість експлуатаційних витрат, величину капітальних витрат на будівництво станції УФ знезараження та зручність і надійність її експлуатації. До безумовних переваг УФ установок лоткового типу відноситься простота їх конструкції, але при цьому велику увагу необхідно приділити системі контролю та підтримки рівня води у камері знезараження.



Рис. 2. Установка УФ знезараження стічних вод ВОДОГРАЙ® В20КС-1655

Висновки. Розглянуті у статті конструктивні особливості установок УФ знезараження лоткового типу, невеликі питомі витрати електроенергії, необхідної для знезараження стоків, простота експлуатації та висока надійність знезаражуючих систем із використанням бактерицидного УФ випромінювання дозволяють забезпечити ефективно та надійно знезараження нормативно очищених стічних вод без застосування хлору або його похідних.

Широке поширення методу знезараження стічних вод за допомогою ультрафіолетового випромінювання забезпечує захист навколишнього середовища та джерел питної води від забруднення шкідливими мікроорганізмами та токсичними хлорорганічними сполуками.

Варто взяти до уваги, що експлуатація установок УФ знезараження води значно дешевша, ніж використання альтернативних методів знезараження, і не потребує постійного контролю за режимами роботи знезаражуючого обладнання. Для роботи УФ установок потрібна тільки наявність електричної мережі. УФ знезараження стоків за допомогою УФ установок серії ВОДОГРАЙ®, які виробляються ТОВ «ХАРКІВСЬКА ІНЖЕНЕРНА КОМПАНІЯ» протягом останніх 25 років, дозволяє повністю виключити з технологічного процесу хлор та його похідні, що позитивно впливає на навколишнє середовище і повністю виключає його забруднення токсичними речовинами.

Більш детально з УФ установками знезараження води та стоків за допомогою бактерицидного УФ випромінювання можна ознайомитися на сайті виробника УФ установок серії ВОДОГРАЙ®: <http://ukrengineer.com>.

ЛІТЕРАТУРА

1. Водовідведення та очистка стічних вод міста. Курсове і дипломне проектування. Приклади та розрахунки: Навчальний посібник/ [О.А. Василенко, С.М. Епоян, Г.М. Смірнова та ін.]. - Київ-Харків: КНУБА-ХНУБА, ТО Ексклюзив, 2012. - 540 с.

2. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебное пособие. - М.: АСВ, 2009. - 760 с.

3. Реконструкція і інтенсифікація споруд водопостачання та водовідведення: Навчальний посібник/ [О.А. Василенко, П.О. Грабовський, Г.М. Ларкіна та ін.]. - К.: ІВНВП «Укреліотех», 2010. - 272 с.

4. Временные рекомендации по очистке и обеззараживанию сточных вод инфекционных больниц и отделений. - Утв. Минздравом СССР 09.08.1978.

5. В.Ф. Соколов. Обеззараживание воды бактерицидными лучами. 2-е изд. доп., Издательство литературы по строительству. - М., 1964. - С. 234.

6. Методические указания МУ 2.1.5.732-99 «Санитарно-эпидемиологический надзор за обеззараживанием сточных вод ультрафиолетовым излучением». Министерство здравоохранения Российской Федерации. - М., 1999.

7. Епоян С.М., Штонда І.Ю., Шаляпін С.М., Шаляпіна Т.С., Зубко О.Л., Штонда Ю.І. Ультрафіолетові установки для знезараження стічних вод та шляхи їх вдосконалення/ Науковий вісник будівництва. - Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. - 2015. - Вип. 1(79). - С. 237-241.

8. 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. - Volume 15 №6. - Lublin - Rzeszow. - 2013. С. 85-92.