



ЗНЕЗАРАЖЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ОПРОМІНЮВАННЯ (ЧАСТИНА 2)

С.М. Шаляпін, дійсний член Інженерної Академії України,
Т.С. Шаляпіна, к.т.н. ТОВ «ХАРКІВСЬКА ІНЖЕНЕРНА КОМПАНІЯ»

Ультрафіолетові системи знезараження стічної води

Як було відмічене у першій частині цієї статті, для знезараження стічної води широко використовується знезаражуючі системи з заглибленими у воду ультрафіолетовими випромінювачами. Такі системи, на відміну від знезаражуючих систем з незаглибленими УФ випромінювачами, дозволяють максимально повно (понад 90%) використовувати енергію УФ опромінення. Існують два основних типу ультрафіолетових знезаражуючих систем з заглибленими випромінювачами. До першого типу відносяться УФ системи в яких ультрафіолетові випромінювачі розміщені у закритому корпусі - камері знезараження (корпусні УФ системи). Стічна вода до камери знезараження подається по закритому трубопроводу. Такі системи як правило розташовують в окремих приміщеннях.

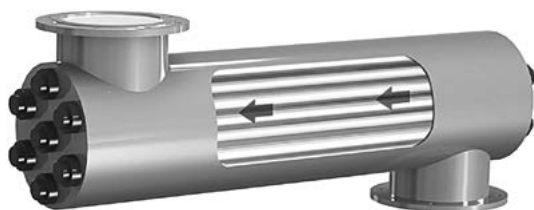


Рис. 8. УФ установки корпусного типу

До другого типу відносяться лоткові системи в яких УФ випромінювачі розташовані безпосередньо у відкритому лотку.

УФ установки лоткового типу як правило складаються з кількох окремих касет, кожна з яких містить по декілька УФ ламп. Такі касети розміщуються у відкритому лотку. Лоткові УФ системи можуть розташовуватися як в окремій будівлі, так і на відкритому повітрі. Основною перевагою лоткових систем є зменшення

капітальних витрат при побудові знезаражуючих систем.

УФ установки для знезараження стічних вод корпусного типу

УФ установки корпусного типу складаються з камери знезараження і шафи управління. Камера знезараження являє собою металевий корпус, усередині якого розташовані ультрафіолетові лампи і механізм для очищення захисних колб. Для запобігання безпосереднього контакту з водою, що знезаражується і стабілізації температури УФ ламп, вони поміщуються в колби зі спеціальну (прозорого в УФ_С діапазоні) кварцового скла. Корпус камери знезараження і механізм очищення кварцових колб виконуються з нержавіючої сталі та інших стійких до корозії матеріалів. Як правило, установки корпусного типу розташовуються в закритому приміщенні. Вода, що знезаражується, по вхідному колектору поступає всередину камери знезара-



Рис. 9. УФ установки лоткового типу

жування, де вона піддається опроміненню ультрафіолетовим променями в дозі, яка гарантує її повне знезараження. Знезаражена вода через вихідний колектор скидається до поверхневого водоймища або у каналізацію. Очищення захисних кварцових колб від органічних та мінеральних відкладень проводиться за допомогою вбудованого очисного механізму з електричним приводом. Управління роботою механізмом очищення кварцових колб здійснюється в



автоматичному режимі. Періодичність очищення кварцових колб встановлюється за допомогою спеціального мікропроцесорного реле або контролера. Така періодичність очищення кварцових колб забезпечує їх високу прозорість на протязі всього строку експлуатації установки, що надає постійно високу ефективність знезаражування води.

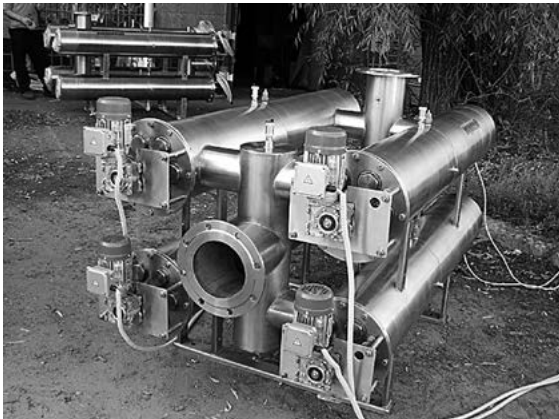
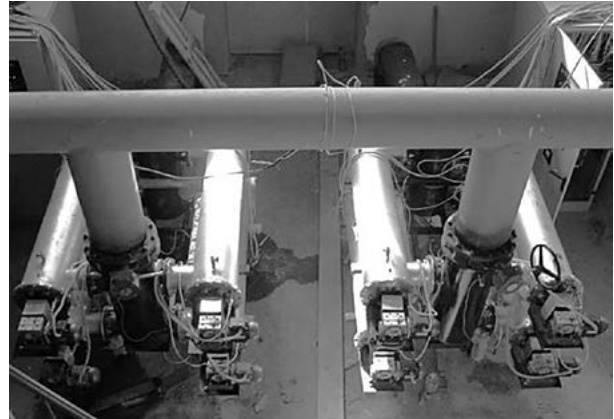


Рис. 10. УФ установки корпусного типу серії ВОДОГРАЙ В-500.01 з механічною системою очищення кварцових колб (продуктивність для питної води 450 – 500 м³/годину).

спеціальними миючими засобами. Таке очищення кварцових колб має як свої переваги, так і недоліки. Безперечною перевагою такого методу очищення є те, що разом з зовнішньою поверхнею кварцових колб миється вся внутрішня поверхня камери знезаражування. Але для проведення промивання необхідно зупиняти процес знезаражування. Тривалість



Установки оснащуються датчиком наявності води (або реле протоку), який забезпечує вмикання і вимикання установки в залежності від наявності в ній стічної води (або її протоку через камеру знезаражування).

промивки камери знезаражування становить кілька десятків хвилин. Після чого необхідно зробити нейтралізацію миючого засобу і злити його в каналізацію. Головними недоліками цього методу є зупинка процесу знезаражування

стоків і використання великої кількості хімічних реактивів. Враховуючи, що забруднення кварцових колб здійснюється постійно, їх очищення необхідно робити не рідше ніж один раз у декілька днів, а то і частіше. Це значно ускладнює експлуатацію УФ установок з таким методом очищенням кварцових колб та приводить до завищення експлуатаційних витрат.

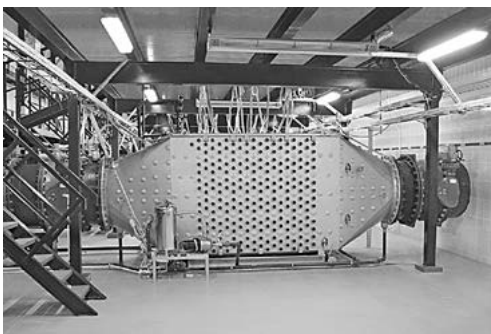


Рис. 11. УФ установки УДВ – Про знезараження стічних вод з системою очищення кварцових колб за допомогою промивки.

В деяких УФ установках, наприклад в установках серії УДВ (НВО «ЛИТ», Росія), ОДВ (ТЗОВ «Промышленные системы УФ обеззараживания», Росія), УОВ – УФТ (Компанія «УФ – Тех», Росія) та деяких інших очищення кварцових здійснюється методом промивання всієї внутрішньої порожнини камери знезаражування

УФ установки лоткового типу серії ВОДОГРАЙ®-XX.01КС

УФ установки лоткового типу складаються з знезаражуючих касет (які розміщуються в порожнині каналу), шаф з елементами живлення УФ ламп, блоків управління роботою ме-



Рис. 12. УФ установка ВОДОГРАЙ В-625-НОК105/80 з лампами середнього тиску та вбудованим механізмом очищення кварцових чохлаів.

ханізмів очищення кварцових колб, системи регулювання постійного рівня води у каналі, шафи управління та іншого необхідного обладнання.

Однією з особливостей УФ установок лоткового типу є необхідність їх оснащення системою автоматичної підтримки рівня води у каналі. При недостатньому рівні води у каналі

(каналі) застосовують спеціальні автоматичні регулюючі засувки, які зменшують площину поперечного перерізу каналу при зменшенні протоки води і навпаки, збільшують її при зростанні протоки.

Головною особливістю застосування УФ установок лоткового типу є те, що їх можна розміщувати у лотку на відкритому просторі.

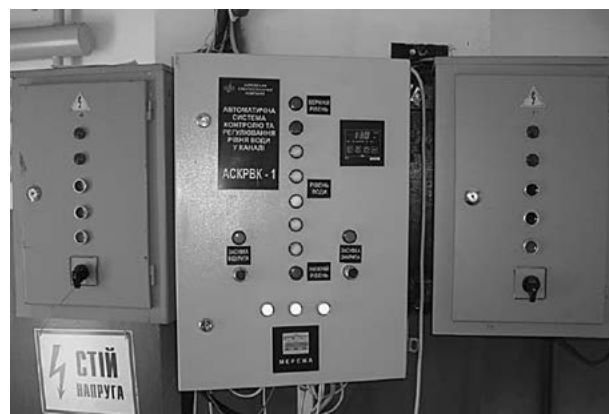
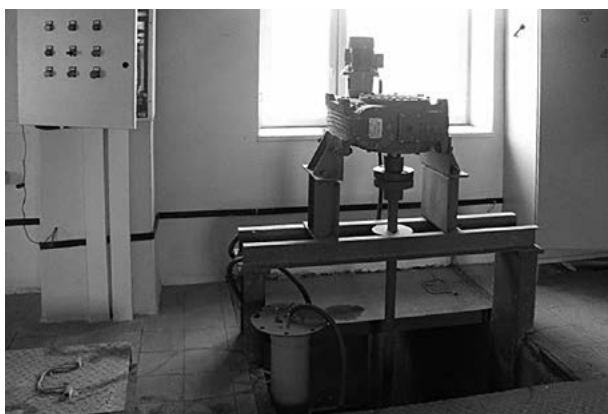


Рис. 13. Система регулювання рівня води у каналі АСКРВК – 1 (КП «Кривбасводоканал»).

частина УФ ламп, які розташовані у верхній частині знезаражуючих касет (при горизонтальному розташуванні УФ ламп у знезаражуючій касеті), або верхня частина УФ ламп (при їх вертикальному розташуванні) не будуть знезаражувати воду. Це буде негативно впливати на ефективність знезаражування стоків і може привести до порушень у роботі механізмів очищення кварцових чохлаів. При високому рівні води у каналі може настати аварійна ситуація, яка приведе до затоплення касети. Для підтримки постійного рівня води у лотку

Але при цьому необхідно передбачити систему стабілізації температури у шафах з електричним обладнанням.

Щодо вибору типу УФ ламп

Вже на протязі багатьох років ведуться розмови про те, який тип УФ ламп використовувати для знезараження води. Проведені нашими фахівцями дослідження та накопичений досвід з розробки УФ установок показав, що при правильному виборі УФ установки немає ніякої різниці який тип УФ ламп використовується для зне-

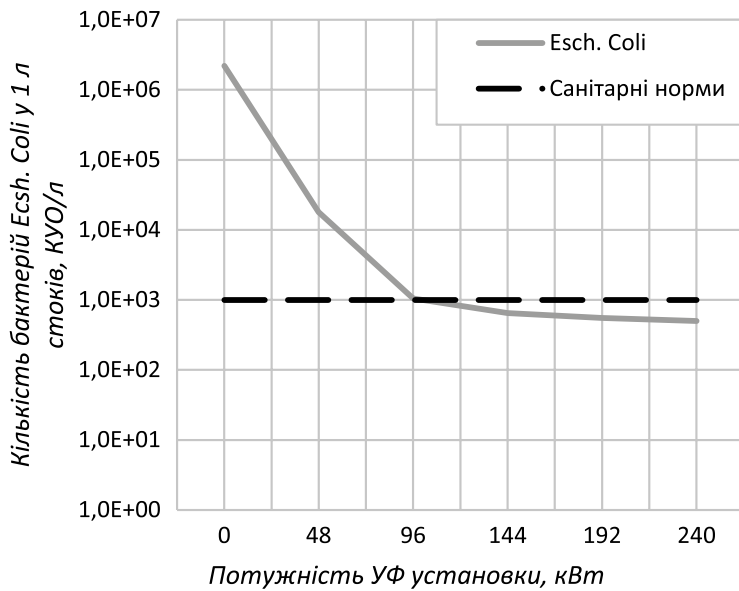


Рис. 14. Ефективність знезараження стічної води (1300 м³/годину) в залежності від потужності УФ установки ВОДОГРАЙ® В-625НОК-105/80.

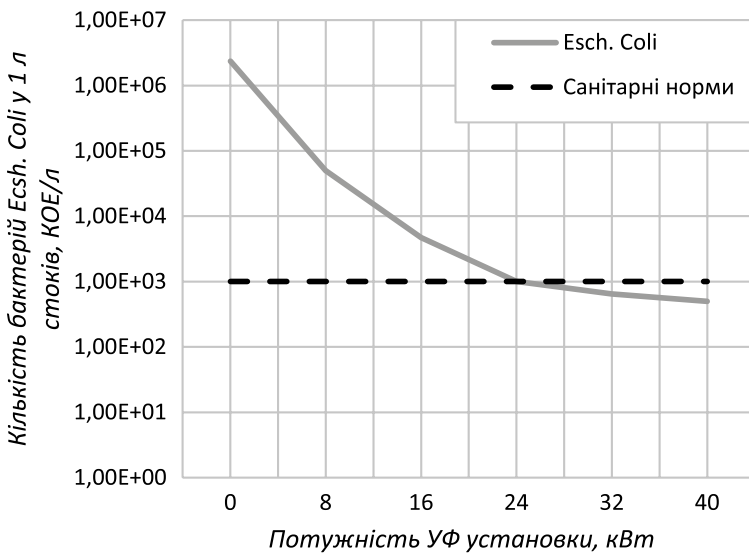


Рис. 15. Ефективність знезараження стічної води (1300 м³/годину) в залежності від потужності УФ установки ВОДОГРАЙ® В-1300.01КС.

зараження води: УФ лампи низького або середнього типу. І ті і інші УФ лампи забезпечують однаково високу ефективність знезараження питної води або стоків. На рис. 14 та 15 наведені порівняльні показники ефективності знезараження стічних вод за допомогою УФ установок з лампами середнього тиску (УФ установка ВОДОГРАЙ® В-625НОК-105/80) та з лампами низького тиску (УФ установки ВОДОГРАЙ® В-1300.01КС).

В УФ установці ВОДОГРАЙ® В-625НОК-105/80 використовуються УФ лампи середнього тиску

НОК - 105/80 (PHILIPS) потужність 8 кВт кожна. УФ установка ВОДОГРАЙ® В-1300.01КС оснащена амальгамними УФ лампами низького тиску GRNNA1554T10 (LightTech). Кількість бактерій групи кишкової палички в воді перед її УФ знезараженням складала 2 350 000 - 2 500 000 КУО/дм³. Коефіцієнт поглинання УФ променів становив 0,53 - 0,55 см⁻¹. Протока води складала 1300 - 1350 м³/годину. Тобто умови експлуатації УФ установок були однакові. Як видно з наведеного графіку ефективність знезараження залежить від потужності УФ установки, тобто від кількості поглинутої бактерицидної енергії (дози ультрафіолетового опромінення). Необхідна для знезараження стоків УФ доза становить близько 35 мДж/см², що трохи вище, ніж розрахована по формулі (3), але повністю відповідає вимогам до УФ установок, призначених для знезараження стічних вод. Виявлена розбіжність між розрахунками та фактично отриманими даними обумовлена насамперед наявністю грудок мулу, які виносяться з водою зі споруд біологічної очищення (у зв'язку з чим знижується прозорість води) та недостатнім перемішуванням стічних вод в зоні УФ опромінення.

Аналіз графіків показує, що **необхідна ефективність знезараження досягається обома установками, але витрати енергії на знезараження стоків установкою з УФ лампами низького тиску у 4 рази менші, ніж при знезараженні такого ж об'єму стоків за допомогою УФ установок з лампами середнього тиску.**

Тобто, щодо ефективності знезараження води абсолютно неважливо, УФ установки з яким типом ламп будуть використовуватися. Щодо енергоефективності, то безперечною перевагою виділяються УФ установки у яких використовуються УФ лампи низького тиску. Установки з УФ лампами середнього тиску до-



цільно використовувати тоді, коли необхідно встановити компактну установку, при цьому необхідно пам'ятати про більш високі витрати електрики. Ще одним напрямком де можуть ефективно використовуватися УФ установки з лампами середнього тиску є фотохімічне окиснювання рідких органічних сполучень, наприклад, при знешкодженні органічних токсичних речовин, як то стічні води полігонів твердих побутових відходів та інше.

Як правильно здійснити вибір УФ установки.

На сьогоднішній день на ринку України представлено досить велика кількість УФ установок, призначених для знезараження води, серед яких є як установки з лампами низького тиску (виробники «WEDECO», «TROJAN» (Німеччина), «ЛИТ» (Росія), «ХАРКІВСЬКА ІНЖЕНЕРНА КОМПАНІЯ»), так і установки з лампами середнього тиску (виробники «BERSON», «ХАРКІВСЬКА ІНЖЕНЕРНА КОМПАНІЯ»). Однак через відсутність чітких критеріїв вибору технології та проектувальники часто губляться в цьому розмаїтті. Для здійснення правильного вибору необхідно:

- чітко уявити сферу застосування конкретної УФ установки і зрозуміти, чи можливо з її допомогою вирішити поставлену задачу.
- проаналізувати можливість вбудовування цієї установки в існуючий або проектуваний технологічний процес очищення стічних вод, а також оцінити обсяг капітальних робіт, необхідних для здійснення монтажу обраної УФ установки.
- оцінити експлуатаційні якості вибраної УФ установки (наприклад, можливість її експлуатації в енергозберігаючому режимі), а також витрати, пов'язані з її експлуатацією.

Для полегшення проведення вибору УФ установки у першу чергу необхідно чітко зрозуміти, що ефективність і енергоємність процесу знезараження стічних вод безпосередньо залежать від ступеня попереднього їх очищення. Чим чистіше вода, тобто чим менше вона містить завислих речовин, тим менша кількість електроенергії необхідно УФ установці для її знезараження. Кількість завислих часток, які містяться в очищених стоках (наприклад, після їх біологічної очистки), як правило,

не перевищує 10 - 15 мг/дм³. Для знезараження стічних вод з таким вмістом завислих речовин необхідно застосовувати УФ установки, які забезпечують величину УФ дози (кількість поглиненої стоками бактерицидної енергії) в межах від 30 мДж/см² (300 Дж/м²) до 40 мДж/см² (400 Дж/м²). При цьому необхідно пам'ятати, що чим вище величина УФ дози, тим надійніше відбувається знезараження води.. Так наприклад, для знезараження стічних вод, які можуть містити різні віруси, наприклад вірус гепатиту, мінімальне значення УФ дози не повинно бути менше 40 мДж/см² (400 Дж/м²) [7]. Для знезараження стічних вод, що містять різні паразитарні патогени величина знезаражувальної УФ дози повинна перевищувати 65 мДж/см² (650 Дж/м²) [8]. При виборі величини дози УФ знезараження необхідно пам'ятати, що чим вище її величина, тим більше електрики споживає УФ установка. Тому слід знайти розумний компроміс між ефективністю знезараження та потужністю УФ установки.

Багаторічний досвід розробки та експлуатації УФ установок показує, що метод УФ знезараження стічних вод може успішно застосовуватися і для знезараження стічних вод і з більш високим (ніж 10 - 15 мг/дм³) вмістом завислих речовин. Однак при цьому необхідно враховувати, що для знезараження більш забруднених стічних вод потрібні більш потужні УФ установки.

Таким чином, першим критерієм, який вказує на доцільність застосування методу УФ знезараження води, є вибір величини знезаражувальної дози УФ опромінювання.

Далі необхідно оцінити питомі витрати електрики, яка необхідна для знезараження 1 м³ стоків та вибрати тип та потужність УФ установки.

На рис. 16 неведена усереднена залежність питомої витрати електроенергії УФ установок з лампами низького тиску в залежності від вмісту у воді зважених речовин.

Користуючись цією діаграмою можна орієнтовно оцінити витрати електроенергії, яка необхідна для знезараження попередньо очищених господарсько - побутових стічних вод в залежності від вмісту в них завислих речовин. Наприклад, витрати електроенергії, необхідної для знезараження 1000 м³ стічних вод з вмістом

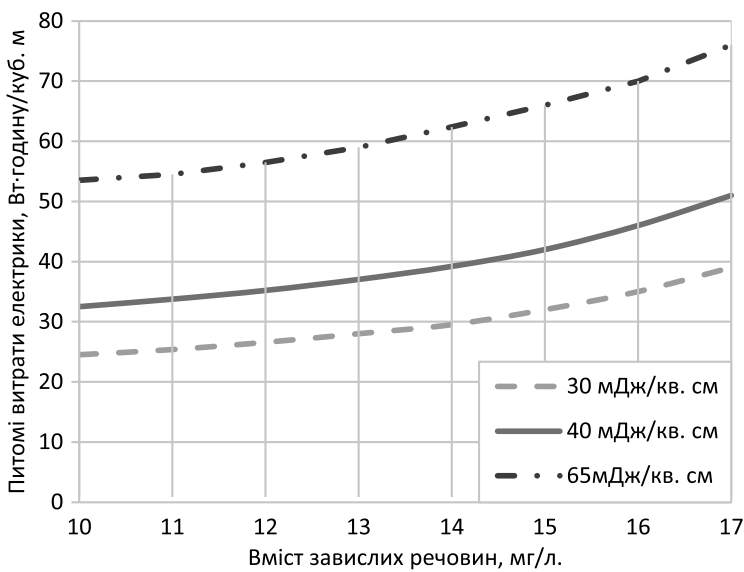


Рис. 16. Графік залежності енергоємності УФ установок з лампами низького тиску (питомі витрати електрики) при дозах УФ випромінювання 30 мДж/см², 40 мДж/см² і 65 мДж/см² від змісту в стічних водах завислих речовин. При використанні УФ установок з лампами середнього тиску показники питомих витрат електрики необхідно збільшити у 4 рази.

завислих часток рівним 15 мг/дм³ при величині поглиненої дози у 40 мДж/см² дорівнюватимуть 42 Вт·годину/м³ • 1000 м³ = 42 000 Вт·годину. Тобто для знезараження стічних вод з вмістом зважених речовин, рівним 15 мг/дм³ при величині дози УФ випромінювання, що дорівнює 40 мДж/см² необхідно застосувати УФ установку потужністю не менше 42 кВт·годин.

Далі необхідно вибрати конструктивне виконання УФ установки. Для цього спочатку необхідно визначитися з типом УФ установки і вибрати тип УФ установки: лоткового типу або корпусного типу. УФ установку лоткового типу доцільно використовувати у тому випадку, коли відведення стічних вод здійснюється по відкритому лотку. У цьому випадку можливе розміщення знезаражувальних касет УФ установки безпосередньо в існуючому або спеціально побудованому лотку. У разі якщо стічні води відводяться по закритому колектору, стає доцільним використання УФ установки корпусного типу. Установки корпусного типу, як правило, розміщуються в закритих опалювальних приміщеннях, наприклад в приміщеннях насосних станцій, або у спеціально побудованих спорудах чи колодязях.

Після вибору типу УФ установки необхідно уважно вивчити експлуатаційні особливості

обраної УФ установки. Перш за все, необхідно звернути особливу увагу на її середню і миттєву продуктивність, величину дози УФ випромінювання, коефіцієнт прозорості води в УФ діапазоні або коефіцієнт поглинання (різні виробники вказують той чи інший параметр). Далі необхідно особливу увагу звернути на тип і кількість застосовуваних в установці УФ ламп, а також на їх ресурс. В УФ установках можуть використовуватися УФ лампи низького або середнього тиску. Ресурс сучасних УФ ламп низького тиску становить від 8 000 до 16 000 годин. Ресурс УФ ламп середнього тиску, як правило, не перевищує 3 500 - 5 000 годин. УФ установки, в яких використовуються УФ лампи середнього тиску, мають більш широкий спектр УФ випромінювання, з яко-

го тільки частка (від 25 до 40%) володіє бактерицидним ефектом. УФ лампи середнього тиску характеризуються компактністю і мають досить значну енергоємність. При однаковій продуктивності енергоспоживання УФ установок з лампами середнього тиску в 3 - 4 рази більше, ніж у УФ установок з лампами низького тиску. В УФ установках з лампами низького тиску можуть застосовуватися як ртутні лампи, в яких активний елемент - ртуть міститься у вільному вигляді, так і амальгамні лампи. У амальгамних УФ лампах ртуть міститься у зв'язаному вигляді - у вигляді амальгами ртуті, що забезпечує більш високу безпеку в разі порушення цілісності колби лампи.

Наступним критерієм у виборі конструктивного виконання УФ установки є вибір типу системи очищення кварцових колб, в яких розташовуються УФ лампи. Річ у тому, що при експлуатації УФ установок відбувається досить швидко забруднення зовнішньої поверхні кварцових колб, які знаходяться у зануреному у воду стані, органічними речовинами. В результаті такого забруднення відбувається різке зниження прозорості кварцових колб, що призводить до зниження ефективності УФ знезараження (зниження величини знезаражувальною УФ дози). На рис. 4 показана залеж-



ність зміни інтенсивності УФ випромінювання від ступеня забрудненості кварцової колби.

З наведеного на рис. 17 графіка видно, що вже при забрудненні кварцової колби на 10%, інтенсивність УФ випромінювання зменшується на 10 - 12%, відповідно, на цю ж величину зростає кількість споживаної УФ установкою електроенергії. Чим чистіше поверхня кварцової колби, тим менше енергії потрібно для знезараження води. Отже, для зниження кількості споживаної УФ установкою електроенергії необхідно забезпечити якісну і своєчасну очистку кварцових колб.

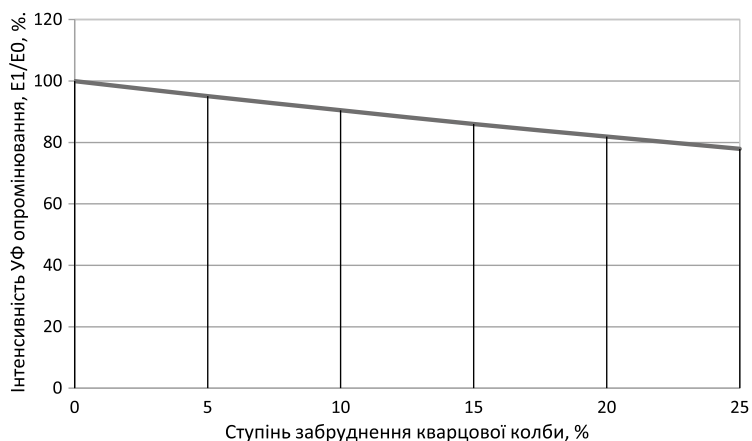


Рис. 17. Зміна інтенсивності УФ випромінювання при проходженні їм кварцового скла від ступеня його забруднення органічними сполуками.

Для очищення кварцових колб зазвичай застосовуються два методи очищення: хімічний або механічний. Хімічне очищення полягає в промиванні всього внутрішнього об'єму камери знезараження або частини лотка, де встановлені УФ лампи, спеціальним миючим розчином. Механічне очищення кварцових колб полягає в періодичній очистці кварцових колб за допомогою спеціального вбудованого в УФ установку очисного механізму з автоматичним приводом.

Відразу варто зауважити, що обидва методи очищення забезпечують досить високу ступінь очищення зовнішніх поверхонь кварцових колб. Крім того, застосування методу хімічного очищення забезпечує очищення всієї внутрішньої поверхні камери знезараження або лотка. Однак, для здійснення очистки цим методом необхідно провести вимикання УФ установки та перекриття за допомогою герметичних за-

сувок камери знезараження або частини лотка, де встановлені УФ лампи. Потім необхідно додати у воду певну кількість миючого засобу і за допомогою спеціальних насосів забезпечити циркуляцію всього обсягу води, що знаходиться в камері знезараження або каналі. З огляду на велику трудомісткість цієї операції, час, необхідний для здійснення цієї операції (в залежності від величини УФ установки) може становити від 30 хвилин до декількох годин. При цьому періодичність промивки багато в чому залежить від кількості органічних речовин, які містяться у воді, що знезаражується.

Для підтримки необхідного ступеня чистоти кварцових колб камеру знезараження або канал (лоток) рекомендується промивати не рідше 1-2 рази на тиждень.

В якості альтернативи досить витратного методу хімічної очистки в УФ установках широко застосовуються спеціальні очисні механізми, які вбудовуються в конструкцію камери знезараження або знезаражувальною секції. Конструктивно такі очисні механізми складаються із одягнутих на кварцову колбу гумових або полімерних манжет, які за допомогою спеціального механізму рухаються уздовж циліндричної

поверхні кварцової колби і зчищають з її поверхні різні забруднення. Основною перевагою такої системи очищення є можливість забезпечення високої прозорості кварцової колби, а, отже, і необхідної інтенсивності потоку УФ випромінювання (величини УФ дози), на протязі всього терміну експлуатації установки без її виключення для проведення профілактичних робіт, пов'язаних з періодичним очищенням кварцових колб за допомогою їх промивки хімічними розчинами.

Ще одним фактором, який робить значний вплив на експлуатаційні якості УФ установки, є система контролю і управління (СКУ). Система контролю управління повинна забезпечувати контроль основних параметрів установки в режимі реального часу, а також забезпечувати можливість оперативного управління УФ установкою (бажано в автоматичному режимі).

(далі буде)