

Robert Zamajski

Zastosowanie techniki UV do dezynfekcji wody

Dezynfekcja wody do picia oraz wody dla potrzeb przemysłu spożywczego wymaga stosowania nowoczesnych i bardzo skutecznych metod, najlepiej bez wprowadzania środków chemicznych, których szkodliwe działanie jest ogólnie znane. Naświetlanie wody promieniami ultrafioletowymi jest metodą fizyczną, która nie wprowadza do wody środków chemicznych, nie zmienia jej smaku i zapachu oraz nie powoduje niebezpieczeństwa przedawkowania środka dezynfekcyjnego. Jest to metoda skuteczna i bardzo szybka, pozwalająca na proste stosowanie w skali przemysłowej. W wielu uprzemysłowionych krajach, a także w Polsce, coraz powszechniej stosuje się promieniowanie ultrafioletowe do dezynfekcji wody [1]. W Holandii stosowanie techniki UV stało się tak popularne, że w roku 1995 ponad 95% wody dezynfekuje się za pomocą naświetlania UV bez stosowania chlorowania [2].

Charakterystyka promieniowania UV

Światło ultrafioletowe jest promieniowaniem elektromagnetycznym o długości fali 100÷400 nm. Jest to zakres niewidzialny, składający się z trzech przedziałów, tj. UV-A, UV-B i UV-C. Przedział UV-C, obejmujący zakres promieniowania o długości fali od 100 do 280 nm, jest odpowiedzialny za bakteriobójcze oddziaływanie ultrafioletu na drobnoustroje, przy czym maksymalne oddziaływanie UV odpowiada długości fali 265 nm. Działanie ultrafioletu polega na absorbowaniu promieniowania UV-C przez strukturę DNA [3-8]. Ponieważ poszczególne drobnoustroje mają różną odporność na działanie ultrafioletu, dlatego też wprowadzono pojęcie dawki promieniowania UV:

$$D = Et \quad (1)$$

gdzie:

D – dawka promieniowania, mJ/cm^2 ,

E – natężenie promieniowania, mW/cm^2

t – czas naświetlania, s.

Dawki promieniowania UV-C wymagane do uzyskania 90% zniszczenia różnych mikroorganizmów są następujące [1]: bakterie – 1÷20 mJ/cm^2 , drożdże – 2÷100 mJ/cm^2 , grzyby – 5÷150 mJ/cm^2 , pierwotniaki – 60÷100 mJ/cm^2 , glony – 300÷600 mJ/cm^2 . Natomiast dawki UV potrzebne do zniszczenia w różnym stopniu bakterii *Escherichia coli* w powietrzu są następujące: 50 % – 1 mJ/cm^2 , 90 % – 3 mJ/cm^2 , 99 % – 6 mJ/cm^2 , 99,9 % – 9 mJ/cm^2 , 99,99 % – 12 mJ/cm^2 . Do dezynfekcji wody przyjmuje się wyższe dawki promieniowania UV, tzn. minimum 25 mJ/cm^2 [1]. Obecnie w krajach zachodnich rozważana jest możliwość wprowadzenia minimalnej dawki UV dla potrzeb dezynfekcji wody do picia na poziomie 40 mJ/cm^2 [9], co będzie

wymagało zwiększenia mocy lub liczby lamp UV. Niektóre firmy zachodnie stosują już urządzenia o większej dawce UV, np. dla potrzeb browarów – 75 mJ/cm^2 lub nawet więcej [1].

Natężenie promieniowania UV maleje wraz z odległością od lampy UV i uzależnione jest od parametrów fizycznych naświetlanego ośrodka, np. w przypadku wody zależy od jej barwy, mętności, zawartości zawiesin itp. W celu określenia przepuszczalności wody dla promieniowania UV wprowadzono pojęcie transmitancji przy długości fali 254 nm. Znając wartość transmitancji można dokładnie dobrać urządzenie UV zapewniające dezynfekcję wody na wymaganym poziomie, np. 99,9 % (3-log). Urządzenia do dezynfekcji wody do picia, z komorą naświetlania o dawce 25 mJ/cm^2 pod koniec pracy lamp, mają standardową skuteczność działania 3-log [1].

Wykorzystanie techniki UV do dezynfekcji wody

Źródłem promieniowania UV są specjalne lampy, z których najprostsze to lampy niskociśnieniowe – LP (*low pressure*) o mocy 30÷150 W. Lampy LP mogą pracować z dławikiem indukcyjnym (z tzw. gorącą katodą) lub z transformatorem rozproszonym (z tzw. zimną katodą). Mała moc lamp LP ogranicza ich wykorzystanie i wymaga stosowania tzw. systemów kompaktowych dla przepływów powyżej kilkudziesięciu m^3/h . Są to rozbudowane systemy wielolampowe o stosunkowo dużych wymiarach i rozbudowanych systemach zasilania elektrycznego. Koszty zakupu, eksploatacji i wymiany lamp są tu stosunkowo duże. Lampy LP wykazują dużą wrażliwość na temperaturę otoczenia, wykazując spadek emisji UV dla temperatur poniżej 4 °C oraz powyżej 40 °C. Jednocześnie lampy te emitują tylko promieniowanie UV o długości fali 254 nm, które jest zbliżone do promieniowania o długości fali 265 nm mającego największą zdolność bakteriobójczą. Wielolampowe systemy kompaktowe, np. z 12 lampami LP, nie pozwalają na pełną kontrolę natężenia promieniowania UV w komorze naświetlania. Czujnik UV nie jest w stanie zarejestrować spadku emisji jednej lub dwóch z 12 lamp, w wyniku czego przez urządzenie może popłynąć woda źle zdezynfekowana. Czas efektywnej pracy lamp LP wynosi od 4 tys. do 9 tys. godzin. Stosowanie lamp niskociśnieniowych jest technicznie i ekonomicznie uzasadnione dla urządzeń o wydajności do 120 m^3/h , a maksymalnie do 150 m^3/h . Pomimo to znane są urządzenia pracujące z wydajnością około 1.800 m^3/h .

Dla udoskonalenia techniki UV opracowano systemy z lampami średniociśnieniowymi – MP (*medium pressure*), które nie mają żadnej z powyższych wad. Lampy MP pozwalają na uzyskanie dużej mocy, 2.000 W i 4.000 W, w objętości małej lampy LP [1,10]. Pozwala to na tworzenie małogabarytowych systemów z jedną do czterech lamp MP. Pomimo większej mocy zainstalowanej system taki gwarantuje niższe koszty eksploatacyjne dzięki stosunkowo niskiej cenie zakupu urządzenia i niskim kosztom

wymiany jednej lub kilku lamp. Przykładowo, koszt dezynfekcji 1 m³ wody (transmitancja 85 %) wynosi 0,0062 zł dla urządzenia o wydajności 600 m³/h, przy rozłożeniu kosztów zakupu na 10 lat, licząc obecne koszty energii elektrycznej, tj. 0,18 zł/kWh i koszty wymiany lamp MP [1]. Lampy MP mogą pracować na trzech poziomach energetycznych, pozwalając na dopasowanie się systemu do zmiennego przepływu i zmiennej transmitancji, tzn. zmiennej jakości wody. Czas efektywnej pracy lamp MP wynosi od 8 tys. do 10 tys. godzin. Ekonomicznie i technicznie uzasadnione jest stosowanie systemów z lampami MP dla przepływów od 120 m³/h do kilku tysięcy m³/h. Mniejsze urządzenia pracują jako systemy rurowe o średnicach od 150 mm do 350 mm, natomiast większe urządzenia pracują w systemach przepływowych [1]. Urządzenia z lampami MP znalazły też zastosowanie do dezynfekcji ścieków, szczególnie w Stanach Zjednoczonych i Japonii [1].

Argumentem podważającym celowość stosowania lamp UV do dezynfekcji wody i ścieków jest osadzanie się kamienia na osłonowych rurach kwarcowych. Do rozwiązania tego problemu zastosowano tzw. mechanizm usuwający kamień osadowy, który może być uruchamiany w dowolnej chwili bez przerywania pracy urządzenia. Napęd tego urządzenia może być uruchamiany ręcznie lub za pomocą silnika elektrycznego [1].

Doświadczenia krajów zachodnich pokazują, że urządzenia UV sprawdzają się nawet w przypadku wielokilometrowych systemów wodociągowych, bez problemów z wtórnymi skażeniami wody. Znane są też przykłady całkowitego wyeliminowania chlorowania i zastąpienia go urządzeniami UV w stacjach uzdatniania wody o wydajności 500 m³/h [10].

Doświadczenia krajowe i tendencje rozwojowe w technice UV

Pierwsze próby z urządzeniami UV polskiej konstrukcji rozpoczęto w latach 80. [11, 12], przy czym największym problemem było opracowanie polskiej lampy oraz systemów zasilania i kontroli jej pracy. Efektem tych prac było uruchomienie seryjnej produkcji polskich urządzeń o nazwie „Cylinder bakteriobójczy UV” oraz „Kolumna bakteriobójcza UV” [13-17], które uzyskały atesty PZH. Dotychczas wyprodukowano blisko tysiąc urządzeń o wydajności 5-10 m³/h, a także kilka większych o maksymalnej wydajności do 30 m³/h, których odbiorcami były wytwórnie wód gazowanych, przemysł spożywczy i chemiczny, szpitale, uzdrowiska i baseny kąpielowe, a także odbiorcy prywatni oraz kilka wodociągów wiejskich.

Firmy zachodnie sprzedały w Polsce kilkadziesiąt małych i średnich urządzeń do dezynfekcji wody techniką UV. Obecnie trwają rozmowy zmierzające do zastosowania urządzeń o wydajnościach od 300 do 800 m³/h w krajowych zakładach wodociągowych.

W krajach zachodnich notuje się obecnie ogromny rozwój i postęp technologiczny związany z zastosowaniem urządzeń do dezynfekcji wody techniką UV. Na ostatniej wystawie AQUATECH w Amsterdamie, we wrześniu 1994 roku, blisko 40 firm prezentowało swoje urządzenia, spośród których wyróżniały się nowoczesne technologie stosujące lampy MP dla potrzeb średnich i dużych wodociągów, a także do dezynfekcji ścieków, powietrza, powierzchni i opakowań. Najnowsze technologie pozwolą zapewne na skonstruowanie urządzeń o jeszcze mniejszych rozmiarach, w oparciu o lampy średniociśnieniowe o jeszcze większym zagęszczeniu mocy na każdym cm długości lampy [1], co pozwoli na łatwe wdrożenie takich urządzeń w stacjach uzdatniania wody do picia.

LITERATURA

1. Mat. inf. z sem. firmy Berson Milieutechniek B.V., Nuenen 1995.
2. M.M. BAAS: Development of disinfection of drinking water in the Netherlands. Nuenen 1995.
3. W. KUNICKI-GOLDFINGER: Życie bakterii. PWN, Warszawa 1971.
4. J. PAŃCZAKOWA, M. MICHAŁKIEWICZ: Wykorzystanie właściwości bakteriobójczych promieniowania ultrafioletowego do dezynfekcji wody i ścieków. Zeszyty Naukowe PP, 1990, nr 32.
5. W. SOKOŁOW: Obiezzarażanie wody baktericidnymi łuczami. Moskwa 1954.
6. T.M. TRACZEWSKA, P. JADCZYK: Wrażliwość bakterii wyizolowanych z wkładu filtru EKO-22 na antybiotyki, chlor i promieniowanie UV. Ochrona Środowiska, 1994, nr 3-4(54-55), ss. 37-42.
7. S. PARYS: Dezynfekcja wody przy użyciu lamp UV alternatywą dla chlorowania wody. GWiTS, 1993, nr 7, ss. 197-198.
8. R. ZAMAJSKI: Sterylizacja wody jak istotny czynnik bezpieczeństwa zdrowotnego na sudach. Mat. sem., Leningrad 1983.
9. Onorm M5873 – Anlagen zur Disinfection von Trinkwasser Mittels Ultraviolet-Strahlung.
10. Berson News – winter 1993/94, Nuenen, Holland.
11. B. KRZYSZTOFIK, J. SOBÓTKA: Uzdatnianie wody promieniami ultrafioletowymi w wodociągach zagrodowych. Wydawnictwo ZSL, Warszawa 1988.
12. D. MAĆKOWIAK: Cylindry bakteriobójcze do dezynfekcji cieczy promieniowaniem ultrafioletowym. Wyd. ZSL, Warszawa 1988.
13. Sterylizator wody. Patent nr 140230.
14. Cylinder bakteriobójczy do wyjaławiania cieczy za pomocą promieniowania ultrafioletowego. Patent nr 151251.
15. Sposób dezynfekcji cieczy za pomocą promieniowania ultrafioletowego i urządzenie do dezynfekcji cieczy. Patent nr 151880.
16. Sposób dezynfekcji cieczy nieprzezroczystych i urządzenie do dezynfekcji za pomocą tego sposobu. Patent nr 156648.
17. S. ZBIERSKI: Jak uzyskać czystą wodę? Firma, 1989, nr 11.

On the Use of UV Techniques in Water Disinfection

In the past decade microbial contamination of watercourses in Poland has become increasingly frequent. UV disinfection is a modern and reliable technique, enabling successful elimination of the contamination hazard. This paper provides some basic information about the fundamental UV parameters, e.g. UV-C radiation, transmission, UV dose, level of germicidal efficiency, etc. The utility of low-pressure (LP) and medium-pressure (MP) lamps in the disinfection of drinking water is discussed in detail. The

application of UV systems involving MP lamps was found to be particularly advantageous in the disinfection of potable water at a flow velocity higher than 150 m³/h, and in the disinfection of troublesome wastewaters. Presented is also an interesting mechanism of scale removal without discontinuing the operation of the system. A brief discussion is devoted to the experience in UV techniques in Poland, as well as to the UV cylinders of a 5 to 30 m³/h capacity designed by the author of this paper.