

ENERGY-SAVING LED WATER PURIFICATION SYSTEM BASED ON UV LEDS

Govorov Pylyp

O.M.Beketov National University of urban Economy in Kharkiv

Neeshmakov Pavel

Govorova Katerina

Tereshchenko Yuri

Ivanova Irina

O.M.Beketov National University of urban Economy in Kharkiv

Beletskaya Evgeniya

Ukrainian State University of Railway Transport

Abstract

The estimation of energy efficiency of drinking and sewage treatment systems is given. The possibility of using ultraviolet light-emitting diodes in water purification systems is considered. The proposed technical solutions for the construction of water purification systems based on ultraviolet light-emitting diodes.

Keywords: ultraviolet, bactericidal plant, water disinfection, LEDs, energy efficiency

Оценка эффективности существующих бактерицидных установок. Как известно, коротковолновое ультрафиолетовое (УФ) излучения в диапазоне волн 200-320 нм (диапазон УФ-С) обладает сильным бактерицидным действием, что позволяет использовать его для создания многоцелевых универсальных облучательных установок, имеющих широкое применение в медицине, промышленности, коммунальном хозяйстве и быту. Коротковолновое УФ излучение, имеет большую энергию квантов, действующих на бактерии, приводит к коагуляции белка, содержащегося в них, в результате чего бактерии, микробы, вирусы и их споры погибают. Особое значение это имеет при использовании УФ установок для обеззараживания питьевых, хозяйственных и сточных вод.

В связи с массовым применением УФ установок выдвигает требования к

эффективности их работы. Установлено [1], что наибольшую бактерицидную эффективность имеет диапазон излучения длины волн $\lambda = 254-257$ нм. Исходной величиной бактерицидной эффективности является бактерицидный поток - это лучевой поток, который определяет излучение по его губительному воздействию на бактерии:

$$\Phi_{\text{б}} = K_{\text{бм}} \int_{\lambda=200\text{нм}}^{\lambda=400\text{нм}} \varphi(\lambda) K_{\text{б}}(\lambda) d(\lambda), \quad (1)$$

где $K_{\text{б}}(\lambda)$ – известная спектральная бактерицидная эффективность излучения, $K_{\text{бм}}$ – максимальная бактерицидная эффективность излучения (бакт/Вт), λ – длина волны излучения.

В качестве единицы бактерицидного потока принято бакт – это бактерицидный поток излучения с длиной волны 254 нм,

мощностью 1 Вт. Плотность бактерицидного потока на поверхности (бактерицидная излучательность) измеряется в бакт/м²: $E_6 = d\Phi_6/dA$. Соответственно[2], сила бактерицидного излучения – это угловая плотность бактерицидного потока (бакт/стер):

$$I_6 = d\Phi_6/d\omega, \quad (2)$$

где ω – телесный угол (стерадиан).

В настоящее время преимущественно применение в бактерицидных установках нашли разрядные лампы[3]. Однако в силу недостаточной энергетической эффективности их массовое применение сопряжено с большими эксплуатационными затратами. В то время, при питании разрядных ламп напряжением повышенной частоты наблюдается рост интенсивности лучистого излучения резонансных линий паров ртути при $\lambda=184,9$ нм и $\lambda=253,7$ нм.

Проведенные авторами исследования с разрядными лампами в диапазоне частот напряжения питания синусоидальной формы от 50Гц до 1300 кГц позволили оценить это явление. В качестве приемника излучения использовался дифракционный спектрограф с фотоприемником излучения ФЕУ-27, а в качестве эталона излучения была применена лампа температурная с ленточным телом накаливания типа СИ-10-300 яркостная температура которой отвечала 2173 К.

Для контроля правильности (адекватности) измерений спектральных характеристик излучения использовалась шаровая безэлектродная лампа, которая питалась напряжением высокой частоты 1,3 МГц, спектральные характеристики которой известны. Для исключения внешних факторов в процессе измерений были определены коэффициенты пропускания кварцевого стекла колбы лампы от частоты, а также зависимость спектральной части излучения тела накаливания от длины волны λ (рис. 1).

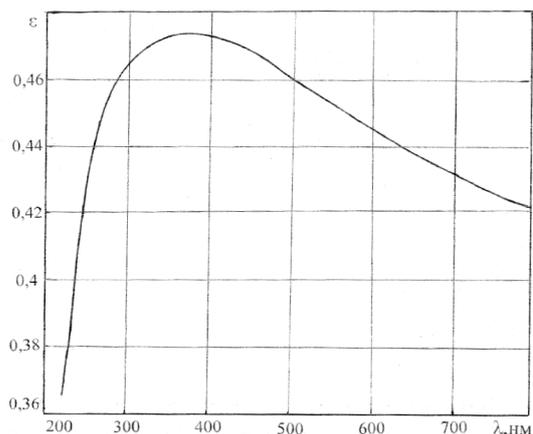


Рис. 1. Зависимость спектрального коэффициента излучения вольфрама от длины волны.

По значению яркостной температуры и спектрального коэффициента излучения была определена спектральная плотность излучения ламп[4]:

$$\varphi_X(\lambda, T) = i_X(\lambda, T)\varphi_{\text{ет}}(\lambda, T)/i_{\text{ет}}(\lambda, T) \quad (3)$$

Спектральная плотность излучения температурной лампы определялась по формуле:

$$\varphi_{\text{ет}}(\lambda, T) = \varphi_{\text{вольфр}}(\lambda, \tau) \quad (4)$$

где $\varphi_{\text{вольфр}}(\lambda, \tau) = \varphi_T(\lambda, T) * \epsilon(\lambda, T)$ – спектральная плотность излучения вольфрамового тела накала.

Действительная температура лампы была определена с использованием функции Планка в относительных координатах и рассчитана спектральная плотность излучения черного тела:

$$T_{\text{действ}} = \left(\frac{c^2}{\lambda}\right) / \left\{ \frac{c^2}{\lambda T_{\text{я}}} + \ln \epsilon(\lambda, T_{\text{я}}) \right\}, \text{ где } T, T_{\text{я}} - \text{температура тела накала и яркостная температура.}$$

По измеренным значениям яркостной температуры и спектрального коэффициента излучения определены действительные температуры излучения и построены графики зависимости спектральной плотности излучения от длины волны λ . Полный поток излучения кварцевой горелки был определен согласно выражению:

$$\Phi_e = \int_{\lambda=250}^{\lambda=550} \varphi_e(\lambda) d\lambda, \quad (5)$$

Эти данные были использованы для оценки спектра излучения РЛ на повышенных частотах (рис. 2)

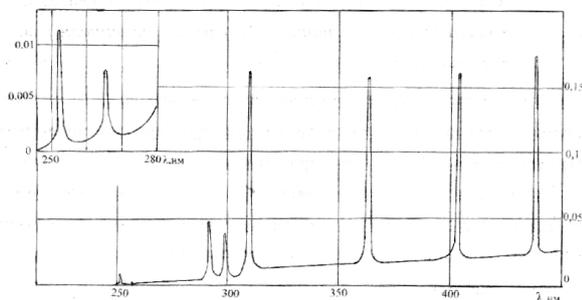


Рис. 2. Относительная спектральная плотность излучения кварцевой горелки

Таким образом, исследование бактерицидного и полного потоков излучения для ламп и кварцевой горелки позволило определить значение бактерицидной отдачи исследуемых излучателей (табл. 1). В результате проведенного исследования установлено, что в диапазоне частот питающего напряжения 40-60 кГц наблюдается выраженный максимум бактерицидной отдачи излучения, который превышает соответствующий уровень на промышленной частоте почти в два с половиной раза.

Таблица 1. Бактерицидный и полный потоки излучения для шаровой лампы и кварцевой горелки РЛ

Длина волны λ , нм	Спектральный коэффициент излучения ϵ_B	Спектральная плотность излучения чёрного тела, Вт. нм ⁻¹	Коэффициент пропускания кварцевого стекла	Спектральная плотность излучения вольфрама ϵ_B , Вт. нм ⁻¹	Спектральная плотность излучения эталонной лампы $\Phi_{ЭТ}$, Вт. нм ⁻¹	Сигнал ФЭУ для эталонной лампы $I_{ЭТ}$, 10 ⁻⁶ А	$\Phi_{ЭТ}/I_{ЭТ}$, Вт.(нм*А) ⁻¹
250	0,43	0,018	0,4	0,008	0,0032	3,25	9,72*10 ⁻⁴
300	0,47	0,338	0,9	0,145	0,131	15,8	8,29*10 ⁻³
350	0,471	2,49	0,95	1,17	1,11	87,5	1,27*10 ⁻²
400	0,471	10,38	0,95	4,9	4,65	375	1,24*10 ⁻²
450	0,464	29,85	0,95	13,85	13,16	785	1,67*10 ⁻²
500	0,458	66,15	0,95	30,3	28,78	1540	1,87*10 ⁻²
550	0,454	121,82	0,95	55,31	52,54	1035	5,08*10 ⁻²

На рис. 3 приведена зависимость бактерицидного излучения кварцевой

лампы от частоты, из которой следует, что максимум бактерицидного отдачи соответствует частоте 50 кГц питающего напряжения и значительно превышает уровень излучения на промышленной частоте.

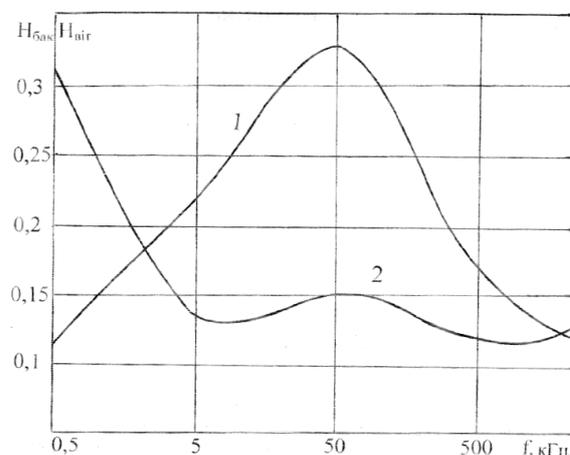


Рис.3 Относительная частотная зависимость бактерицидного излучения кварцевой горелки. 1- бактерицидная отдача, 2- витальная отдача.

Таким образом результаты исследований эффективности РЛ, используемых в бактерицидных установках, указали на некоторое ее увеличение при частоте 50кГц. Однако современный уровень развития светотехники и широкое применение светодиодных источников света в состоянии получить значительно больший результат.

Разработка светодиодной бактерицидной установки. В настоящее время в сферу освещения активно внедряются светодиодные источники света, которые благодаря своей эффективности и простоте применения, а также возможности реализации практически любого светового излучения с различной цветностью, мощностью и кривой распределения света получили наибольшее применение в установках утилитарного освещения. К сожалению конструкции бактерицидных установок, базируются сегодня на преимущественном применении разрядных ламп, которые обладают в несколько раз меньшей энергетической эффективностью и на порядок меньшим сроком службы[5]. В этих условиях применение светодиодов в бактерицидных установках, сулит значи-

тельный экономический эффект от снижения эксплуатационных затрат. Структура осветительной установки на основе бактерицидных ламп приведена на рис. 4. На рис. 5 приведена схема технологического процесса бактерицидной очистки воды на основе светодиодного источника света.

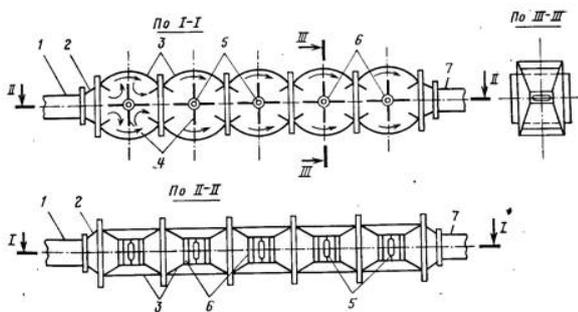


Рис. 4. Бактерицидная лампа на основе светодиодного источника света

1, 7 — входной и выходной патрубки; 2 — переходные патрубки; 3 — бактерицидные камеры; 4 — струенаправляющие перегородки; 5 — ультрафиолетовые светодиодные излучатели; 6 — кварцевые чехлы.

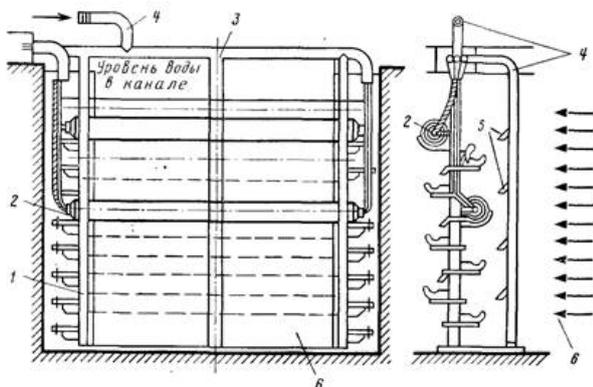


Рис. 5. Бактерицидная установка на основе светодиодного источника света

1 — металлическая рама с кронштейнами; 2 — блоки с бактерицидными лампами; 3 — металлические пластины; 4 — трубопровод напорной воды для отмычки чехлов; 5 — промывные сопла; 6 — канал подачи обрабатываемой воды

Конструкция предлагаемой бактерицидной установки не требует применения реагентов, она компактная, управления ее работой может быть легко автоматизировано. Однако существующая локальная ком-

поновка УФ-излучателей не придает воде остаточных бактерицидных свойств.

Наиболее распространенной на сегодня является схема, в которой УФ-излучение как основной метод обеззараживания, применяется вместе с традиционными этапами физико-химической очистки и подачей небольших доз хлорреагентов перед подачей воды в сеть. В условиях применения светодиодных источников света наиболее эффективным является рассредоточенное размещение УФ-оборудования в конце очистных сооружений, чтобы облучению подвергалась прозрачная вода, имеющая наибольший коэффициент пропускания УФ-лучей. Применение УФ светодиодного оборудования на завершающем этапе обработки воды является наиболее эффективным техническим решением. Однако, в ряде случаев, исходя из реальных условий очистных сооружений и с учетом мобильности светодиодных установок, место расположения УФ-установок может быть еще более оптимизировано (например перед отстойниками для первичного обеззараживания). На практике выбор места расположения УФ-установок может осуществляться по результатам технологических обследований на конкретных очистных сооружениях.

Помимо этого в этих условиях открывается новое преимущество светодиодных УФ-обеззараживателей является возможность их внедрения в существующие традиционные технологические схемы без их значительной перестройки. В таком случае применение светодиодных УФ-установок не противоречит возможности дальнейшего развития очистных сооружений. УФ светодиодное облучение может также использоваться также вместе с такими технологиями, как инфимтрация через почву, сорбция на активный уголь, озонирование и другие.

REFERENCE

- [1] Biological action of ultraviolet. M.-Science.-1975.-280 с.
- [2] V.F. Roy, K.K. Namitokov. High-frequency properties of low-pressure gas discharge plasma. // Questions of Atomic Science and Technology. — NSC «KIPT» NASU.-Kharkov 1998.-№15.-С.151-152.

[3] K.K. Namitkov, P.L., S.N. Harin. Radiation of a gas-discharge plasma.-Alma-Ata, Science.-1994.-304 c.

[4] Sobsey M.D. Inactivation of healthrelated microorganisms in water by disinfection

process.//Wat. Sci Technol.-1989-21-pp 179-195

[5] UV-maktivierung von Microorganismen in wasser / R.Sommur, G Weber, A.A. Gabajetal // Untralu Hug-und Uniweltmed.-1989.№3.-P.214-224