

УДК 629.5.06

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ И ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Гурьянов Николай Михайлович<sup>1</sup>, аспирант

e-mail: [gurnikol@yandex.ru](mailto:gurnikol@yandex.ru)

Мизгирев Дмитрий Сергеевич<sup>1</sup>, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры  
подъемно-транспортных машин и машиноремонта

e-mail: [mizgirevds@yandex.ru](mailto:mizgirevds@yandex.ru)

<sup>1</sup> Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

**Аннотация.** Среди разнообразных методов дезинфекции питьевой воды особое место занимают безреагентные технологии. Одним из таких методов является обеззараживание воды ультрафиолетовым излучением, генерируемым коронным разрядом. Для постановки эксперимента был разработан стенд для определения таких параметров, как мощность УФ-излучения и концентрация озона в озono-воздушной смеси. Экспериментальным путем необходимо определить такие конструктивные характеристики устройства, при которых искомые параметры имеют возможно максимальные значения. По полученным в эксперименте значениям коэффициентов факторов вывести уравнения регрессии.

**Ключевые слова:** водоснабжение, обеззараживание, приготовление питьевой воды, устройство для обработки и приготовления питьевой воды, УФ-излучение.

## DETERMINATION OF THE DESIGN CHARACTERISTICS OF A DEVICE FOR PURIFYING AND PREPARING DRINKING WATER

Nikolai M. Gurianov<sup>1</sup>, Doctoral student

e-mail: [gurnikol@yandex.ru](mailto:gurnikol@yandex.ru)

Dmitrii S. Mizgirev<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the  
Department of Lifting and Transport Machines and Mechanical Repair

e-mail: [mizgirevds@yandex.ru](mailto:mizgirevds@yandex.ru)

<sup>1</sup> Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

**Abstract.** Among the various methods of disinfection of drinking water, reagentless technologies occupy a special place. One of these methods is disinfection of water with ultraviolet radiation generated by a corona discharge. To set up the experiment, a test bench was developed to determine such parameters as the power of UV radiation and the concentration of ozone in the ozone-air mixture. Experimentally, it is necessary to determine such design characteristics of the device, in which the desired parameters have the maximum possible values. The regression equations are derived from the values of the factor coefficients obtained in the experiment.

**Keywords:** water supply, disinfection, preparation of drinking water, device for processing and preparation of drinking water, UV radiation.

Коронный разряд для обеззараживания воды может располагаться над ее поверхностью, под водой, одновременно в обеих средах или в водо-воздушной среде. Наиболее эффективным методом стерилизации воды является подводный коронный разряд, что подтверждается результатами исследований [1]. В процессе разряда образуются бактерицидные агенты активных форм кислорода, такие как озон  $O_3$ , перекись водорода  $H_2O_2$ , гидроксильный радикал  $OH^\bullet$  и супероксид  $O_2$ . Существенным недостатком метода обеззараживания воды с использованием коронного разряда является его высокое потребление электроэнергии.

Исследования коронного разряда в водной среде демонстрируют, что при наличии до миллиона бактерий на литр, потребление электроэнергии составляет приблизительно  $45,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$ . Основная часть энергии уходит на джоулевое нагревание, что приводит к повышению температуры обрабатываемой воды на  $6-10^\circ\text{C}$  до момента полной дезинфекции. Главным фактором, способствующим нагреву жидкостей, является высокая проводимость исследуемой воды, которая составляет около  $0,4 \text{ мСм}/\text{см}$ . Это означает, что при снижении проводимости воды, энергозатраты становятся меньшими.

**Для подготовки к эксперименту по определению мощности бактерицидного УФ-излучения коронного разряда в водной среде необходимо выполнить следующее:**

1. Необходимо определить коэффициент пропускания бактерицидного излучения, который характеризует прозрачность воды при длине волны  $254 \text{ нм}$ . Этот параметр отражает способность взвешенных твердых частиц и растворенных веществ препятствовать проникновению ультрафиолетового света в толщу воды внутри устройства для обеззараживания.

2. Определение дозы облучения зависит от концентрации микроорганизмов, количества взвешенных веществ и других характеристик исходной воды. Например, необходимо учитывать число взвешенных твердых частиц и живых организмов: при их меньшем количестве для уничтожения потребуется меньшая доза ультрафиолетового излучения.

3. Реализовать модельное облучение для нескольких проб воды, при этом для каждого следующего образца устанавливается ультрафиолетовая доза с заданным шагом (например, от  $5$  до  $10 \text{ мДж}/\text{см}^2$ ). Затем все образцы проходят экспресс-микробиологический анализ на наличие индикаторного микроорганизма — кишечной палочки.

4. На основе проведенного анализа необходимо установить взаимосвязь между эффективностью ультрафиолетового облучения и конструктивными характеристиками аппарата. Минимальное значение УФ-дозы можно определить, исходя из количества микроорганизмов, оставшихся в обработанных образцах воды.

Для постановки экспериментов было разработано экспериментальное стенд (рис.1), реализующий технологию по патенту РФ № 2705355 «Устройство для очистки и приготовления питьевой воды» для очистки и приготовления питьевой воды (рис.2), состоящее из цилиндрического корпуса, отличающегося тем, что последний коаксиально разделен на контактную колонну с патрубком отвода газов, фильтр с гранулированной загрузкой, зону обработки УФ-излучением, через которые последовательно проходит обрабатываемая вода и озонирующий элемент, представляющего собой стеклянную колбу с диэлектрической крышкой с отверстиями для прохода атмосферного воздуха, на внутреннюю поверхность колбы нанесен перфорированный электропроводящий слой, которого касаются проводящие перемычки внутренней центральной трубы, являющейся

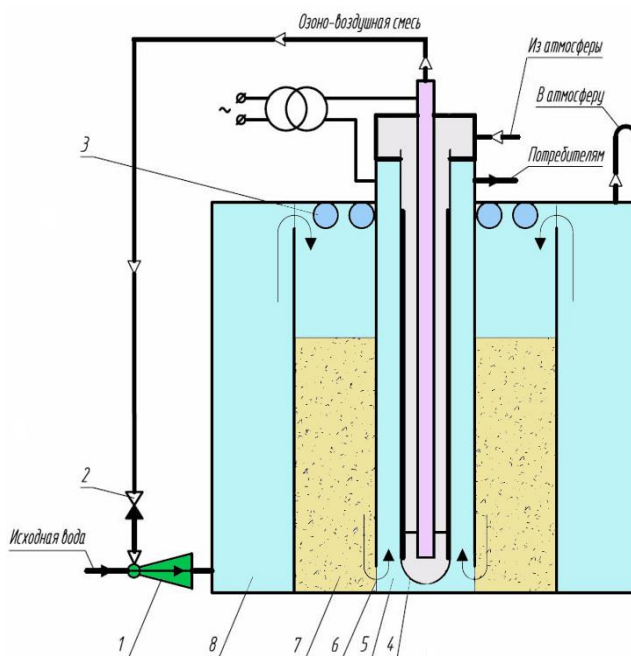


высокопотенциальным электродом, подсоединенным к высоковольтному трансформатору, служащей для отвода озono-воздушной смеси, генерируемой в кольцевом зазоре между трубой и электропроводящим слоем через невозвратный клапан в котором осуществляется обработка воды озонoм, при этом низкопотенциальным электродом является электропроводящий корпус устройства также подсоединенный к высоковольтному трансформатору [2].



*Рисунок 1 – Экспериментальный стенд по определению мощности бактерицидного УФ-излучения коронного разряда в водной среде*

Устройство позволяет измерить следующие параметры: расход воздуха для генерации озono-воздушной смеси; влажность воздуха; концентрация озона в смеси; ток разряда в озонирующем элементе; мощность УФ-излучения.



*Рисунок 2 – Принципиальная схема устройства:*

- 1 – гидродинамический кавитатор; 2 – невозвратный клапан; 3 – верхние переливные окна;
- 4 – стеклянная колба; 5 – зона обработки УФ-излучением; 6 – нижние переливные окна;
- 7 – фильтр; 8 – контактная колонна

Варьируемыми параметрами при проведении эксперимента являются:

- расход воздуха в озонирующем элементе, определяющий скорость потока в коронном разряде;
- размер сетки высоковольтного электрода, от которого зависит светопропускание УФ-излучения;
- толщина кварцевого чехла, влияющая на производительность озонатора и надежность его работы при давлении воды в корпусе;
- влажность воздуха, оказывающая влияние на стабильность работы.

В результате эксперимента определяются следующие параметры:

- мощность УФ-излучения;
- концентрация озона в озono-воздушной смеси.

Экспериментальным путем необходимо определить такие конструктивные характеристики устройства, при которых искомые параметры имеют возможно максимальные значения.

С целью сокращения числа опытов в соответствии с рекомендациями целесообразно произвести планирование дробного многофакторного эксперимента по схеме «на кубе», при этом нужно стремиться к тому, чтобы матрица планирования не лишилась своих оптимальных свойств. По полученным в эксперименте значениям коэффициентов факторов вывести уравнения регрессии.

От существующих аналогов данное устройство отличает: отказ от отдельного озонаторного агрегата взамен встроенного в конструкцию озонирующего элемента, что позволит значительно уменьшить массогабаритные показатели и энергопотребление системы, а также полезно использовать УФ-излучение коронного разряда не только для финишного обеззараживания, но и для разложения остаточного озона в обрабатываемой воде [5].

Технический результат заключается в разработке устройства, которое увеличивает эффективность обработки воды за счет оптимизации двухступенчатого процесса обеззараживания и фильтрации, создает синергетический эффект, снижает энергопотребление и массогабаритные характеристики, упрощает конструкцию за счет исключения подвижных деталей и узлов реакторов, а также повышается надежность всей установки за счет сокращения озонаторного агрегата.

#### **Список литературы:**

1. Машкин А.Г., Овешников Ю.М., Суворов И.Ф. Обеззараживание сточных вод частичными разрядами на переменном напряжении // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2000. № 9. С. 116-117.
2. Патент № 2705355 С1 Российская Федерация, МПК C02F 9/06, C02F 1/78, C02F 1/46. устройство для очистки и приготовления питьевой воды : № 2019112291 : заявл. 23.04.2019 : опубл. 06.11.2019 / Д. С. Мизгирев, Н. М. Гурьянов. – EDN WIBBBJ.
3. Сотниченко С.А., Гурьев В.А. Применение методов АОР // Активированные окислительные технологии. Тез. докл. Труды Международной конференции. – Германия, 1996. – С. 27-31.
4. Скурлатов Ю.И., Штамм Е.В. Ультрафиолетовое излучение – технология настоящего и будущего в процессах водоподготовки и водоочистки / Ю.И. Скурлатов, Е.В. Штамм // Экология и промышленность России. – 2000. – Апрель. – С. 24-27.
5. Мизгирев, Д. С. Совершенствование судовых станций приготовления питьевой воды с использованием синергетического эффекта активированных окислительных технологий /



Д. С. Мизгирев, Н. М. Гурьянов // Морские интеллектуальные технологии. – 2022. – № 4-1(58). – С. 40-45.

