

ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ ВОДЫ

Гуляев Роман Владимирович

магистрант, Забайкальский государственный университет, РФ, г. Чита

Елин Кирилл Александрович

магистрант, Забайкальский государственный университет, РФ, г. Чита

Иванов Андрей Андреевич

аспирант, Забайкальский государственный университет, РФ, г. Чита

Аннотация. Изобретен новый мобильный энергосберегающий реактор со способностью барботирования для технологии обеззараживания воды диафрагменным электрическим разрядом, исследованы его характеристики. Эффективность удельной генерации перекиси водорода H_2O_2 нового мобильного энергосберегающего реактора со способностью барботирования выше на 48-51%, в отличие от проточного, также рассмотрены их различия. Определена зависимость образования перекиси водорода от диаметра отверстий в шланге для барботирования. Исследовано влияние геометрии разрядных камер на образование бактерицидных агентов

Ключевые слова: диафрагменный электрический разряд, барботирование, перекись водорода.

Применение в быту и в промышленности электроразрядных технологий для обеззараживания и очистки воды учащается пропорционально степени совершенствования этих технологий. Существует множество способов обработки воды с различными видами электрических разрядов: дуговым, искровым, коронным, тлеющим, барьерным, диафрагменным разрядами и их подвидами. Каждый из способов имеет свои преимущества и недостатки, наиболее подробнее рассмотрим технологию на основе диафрагменного электрического разряда (ДЭР). Мобильный и энергосберегающий реактор диафрагменного электрического разряда (ДЭР) со способностью барботирования воды для обеззараживания жидкостей представляет собой Г-образный реактор дезинфекции воды, погружаемый в воду, на электроды устройства подается высокое напряжение в диапазоне 1000-1500 В, а во внутрь поступает сжатый воздух для барботирования воды с помощью компрессора. Корпус реактора выполнен в Г-образной форме 7, нижняя часть 3 которого представляет собой трубчатую диафрагменную мембрану с отверстиями 5, содержит внешний 6 и внутренний 2 электроды, внутренний электрод закреплен кольцами 8, а внешний имеет спиральную форму и самостоятельно держится на корпусе устройства. Для подачи сжатого воздуха и образования маленьких пузырьков в воде в реакторе находится шланг с отверстиями 4. В качестве источника питания 1 обычно используется источник переменного синусоидального высокого напряжения частотой 50 Гц. Работа устройства осуществляется следующим образом. Реактор погружается в водную среду. На внешний 6 и внутренний 2 электроды подается от источника питания 1 переменное напряжение от 1000 до 1500 В с частотой 50 Гц. ДЭР образуется в отверстиях диафрагменной мембраны 5 за счет прохождения через них тока, нагревания, вскипания воды и образования воздушных пузырей и их пробоя под действием приложенного по обе стороны

диэлектрической мембраны напряжения. Интенсивность разряда зависит от образования парогазовых пузырей, поэтому, наличие дополнительных воздушных пузырей, подаваемых через шланг с отверстиями 4, способствует лучшему развитию ДЭР.

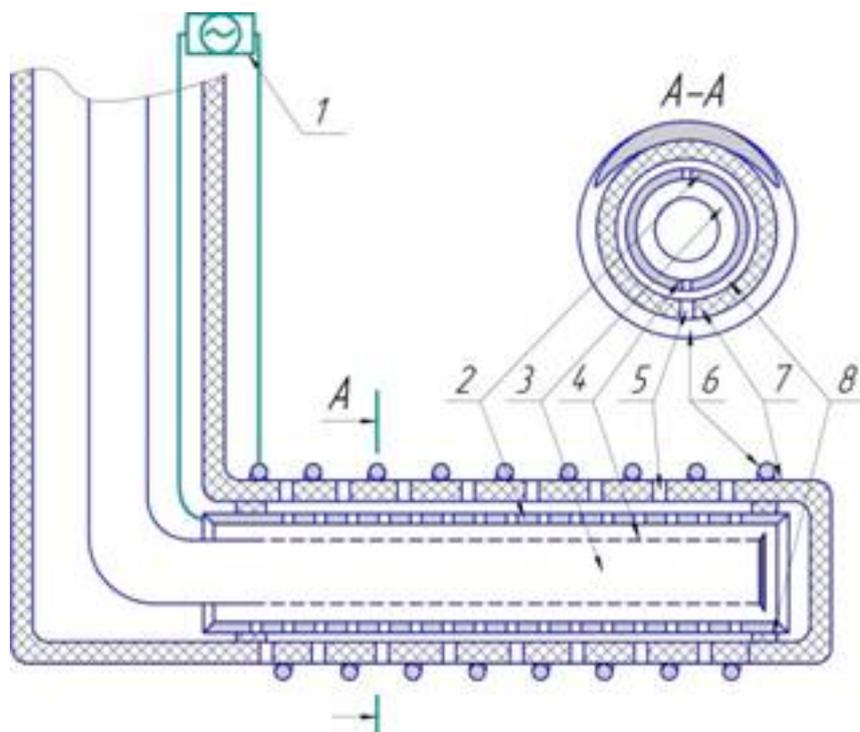


Рисунок 1. Непроточный Г-образный реактор со способностью барботирования жидкости

Существуют два основных способа подачи воды в обрабатывающий реактор: способ, при котором вся исходная вода протекает через отверстия диафрагменной мембраны (рисунок 2), и способ, при котором обрабатываемая вода не протекает через отверстия мембраны (рисунок 1). Первый способ конструктивно отличается от второго тем, что камера погружается непосредственно в жидкость, а наличие способности барботирования меняет способ обработки воды и его эффективность.

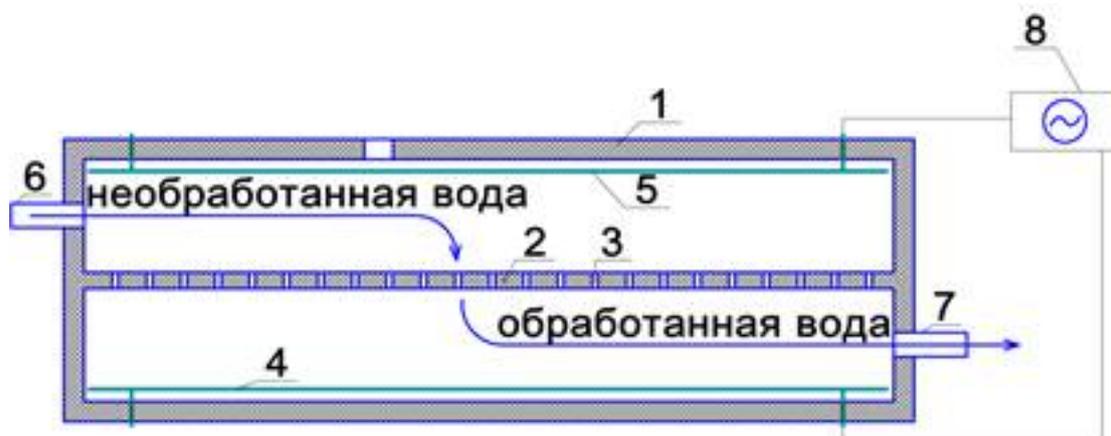


Рисунок 2. Проточный реактор обработки воды

Основные различия рассмотренных способов в том, что в первом случае обрабатываемая вода не протекает через отверстия диафрагменной мембраны и не смываются предразрядные продукты (воздушные пузырьки), а наличие барботирования способствует увеличению интенсивности разряда. Новое техническое решение позволяет повысить эффективность обеззараживания и очистки воды на 50-60%, повысить надежность работы устройства, поскольку отсутствует перетекание воды через диафрагменную мембрану и уменьшается засорения отверстий, снизить рабочие токи устройства более чем в 2,2 раза и уменьшить потребление электрической энергии. Сравнение проточного и непроточного реакторов производилось по основному обеззараживающему компоненту - перекиси водорода H_2O_2 . В качестве определения концентрации исследуемого компонента использовался перманганатометрический метод определения согласно ГОСТ 177-88. В экспериментах использовалась одинаковая величина напряжения 1500 В частотой 50 Гц. Величина напряжения определялась эмпирическим путем, было выбрано максимально-возможное напряжение для обоих реакторов, поскольку эффективность генерации перекиси водорода зависит от величины напряжения. В опытах в реакторы устанавливалась диафрагменная мембрана с 15 отверстиями диаметром 1,2 мм, были применены медные электроды. В первом и втором эксперименте расходы модельных растворов дистиллированной воды и NaCl с проводимостью 0,45 мСм/см составили по 4 литра, израсходовано на обработку жидкостей по 250 Вт·ч электрической энергии. Скорости расхода вод были установлены на уровне 0,4 л/мин, при этом скорость движения через диафрагму для проточного реактора составила 0,077 м/с, что входит в наиболее эффективный интервал скоростей для проточного реактора согласно [1]. Сгенерированной перекиси водорода H_2O_2 в проточном реакторе было определено 0,8 мг/Вт·ч, что согласуется с [1], в непроточном реакторе измерено 1,21 мг/Вт·ч, что на 50% выше.

Процесс развития ДЭР во многом зависит от образования парогазовых пузырьков в отверстиях диафрагменной мембраны [1]. Маленькие пузырьки воздуха образуются за счет вскипания воды в отверстиях из-за высокой плотности тока в них. Для этого тратится значительное количество электроэнергии, которое не совершает полезной работы, а просто нагревает воду. В связи с этим подача «искусственных» пузырьков должна снизить затраты электроэнергии. Проверка этого предположения происходила следующим образом. Опыты проводились на модельном растворе из дистиллированной воды и NaCl. На каждый эксперимент было затрачено по 50 Вт·ч электроэнергии, объем испытуемой жидкости во всех опытах был по 4 литра. На электроды подавалось переменное напряжение 1200 В частотой 50 Гц. Рассмотрены были отверстия, созданные иглами диаметрами от 0,1 до 0,9 мм в шланге из поливинилхлорида внутренним диаметром 6 мм и с толщиной стенок 2 мм. Кинетика образования перекиси водорода представлена на рисунке 7.

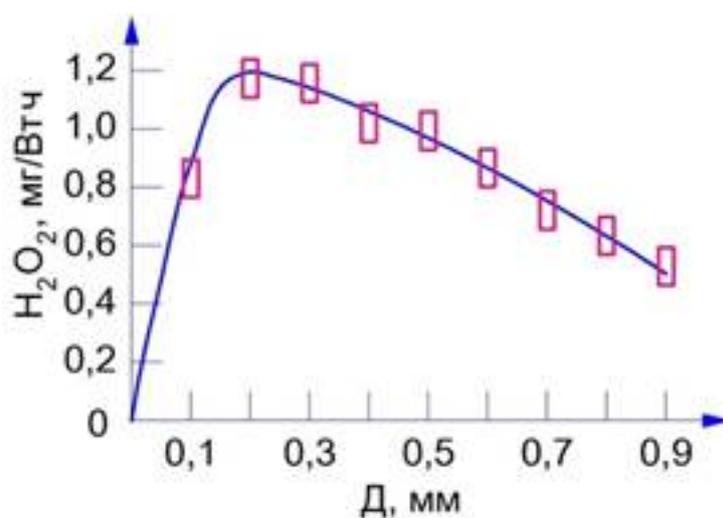


Рисунок 3. Зависимость образования перекиси водорода от диаметра отверстий в шланге для барботирования

На рисунке отслеживается изменение выхода H_2O_2 . При диаметрах отверстий 0,1 мм пузырьки были слишком малы и слабо влияли на интенсивность разряда. Максимум значений зависимости находится при значении диаметров, равных 0,2 мм. При больших отверстиях для барботирования пузырьки воздуха образовывались размером, превышающим размеры разрядных отверстий в диафрагменной мембране, что снижало интенсивность ДЭР, буквально сбивая его. В результате можно отметить, что наиболее эффективный размер диаметра отверстий для образования бактерицидных агентов равняется 0,2 мм (давление в шланге воздуха составляло 2 кгс/см²). Геометрия разрядных камер всегда значительно влияет на продуктивность электроразрядных технологий [2]. Для реакторов ДЭР исследована большая часть всех известных параметров геометрии, но значительная их часть остается неисследованной и какая-то еще неизвестной [1]. Например, одним из неизвестных ранее параметром реактора ДЭР являлся угол наклона к горизонтальной плоскости земли электродов и диафрагменной мембраны. Для его определения в настоящей работе были рассмотрены два основных расположения диафрагмы: вертикальное и горизонтальное относительно плоскости земли. Условия проведения экспериментов были практически идентичны с условиями исследования образования перекиси водорода от диаметра отверстий в шланге для барботирования, только значение толщины отверстий в шланге для барботирования было неизменно 0,2 мм, а изменялась только ориентация электродов и диафрагменной мембраны в пространстве. В результате, выход H_2O_2 в горизонтальном расположении реактора ДЭР составил 1,2 мг/Вт·ч, а в вертикальном 0,5 мг/Вт·ч, что меньше более чем в 2 раза. Эксперимент был неоднократно повторен, но все результаты отличались лишь на величину погрешности методики определения концентрации перекиси водорода. Генерация H_2O_2 с вертикальным расположением электродов и диафрагмы менее эффективна из-за локализации ДЭР только во второй половине верхней части диафрагменной мембраны на площади, равной приблизительно 1/3 от рабочей площади мембраны. В самой верхней части устройства разряд отсутствовал из-за излишней интенсивности барботирования, а в нижних отверстиях этот процесс не происходил, что в итоге отрицательно повлияло на общую производительность. На основании проведенного исследования можно утверждать, что наибольшая производительность обеззараживания будет при горизонтальном положении электродов и мембраны, без отклонения угла плоскости мембраны от ровной поверхности места расположения реактора.

Список литературы:

1. Юдин А.С. Разработка реактора и системы автоматического управления процессом обеззараживания сточных вод диафрагменным электрическим разрядом: дис. канд. техн. наук. Иркут. гос. техн. ун-т, Иркутск, 2010. 121 с.
2. Fridman A., Friedman G. Plasma Medicine. Hoboken, NJ: Wiley, 2013.