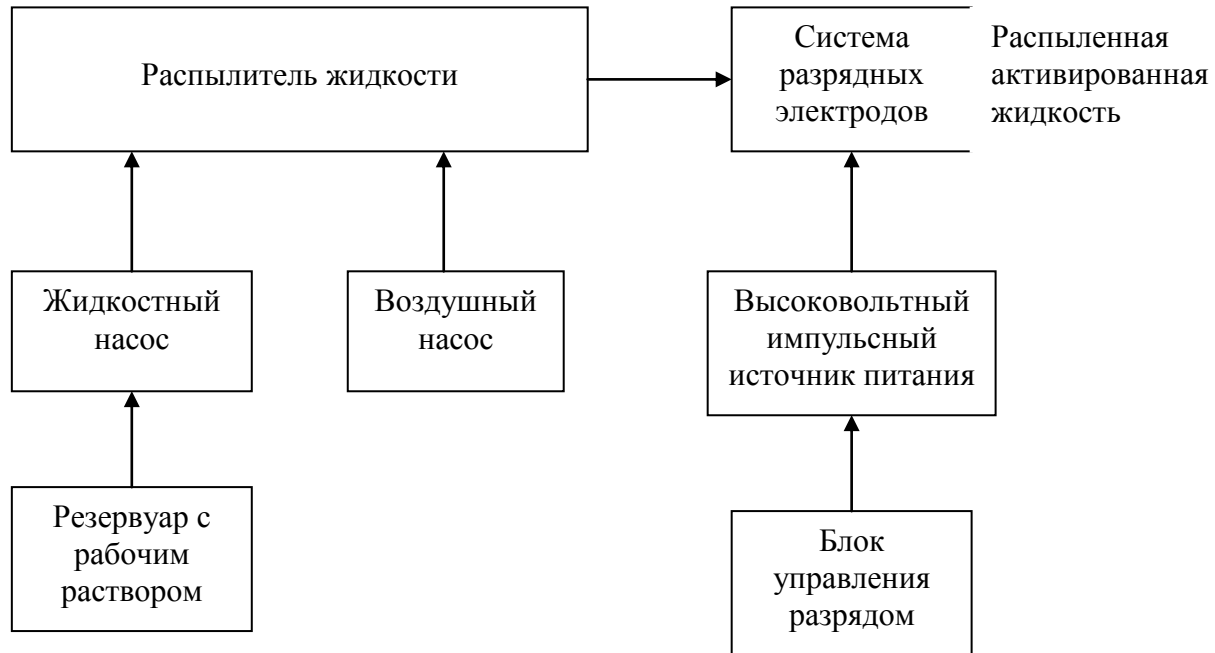
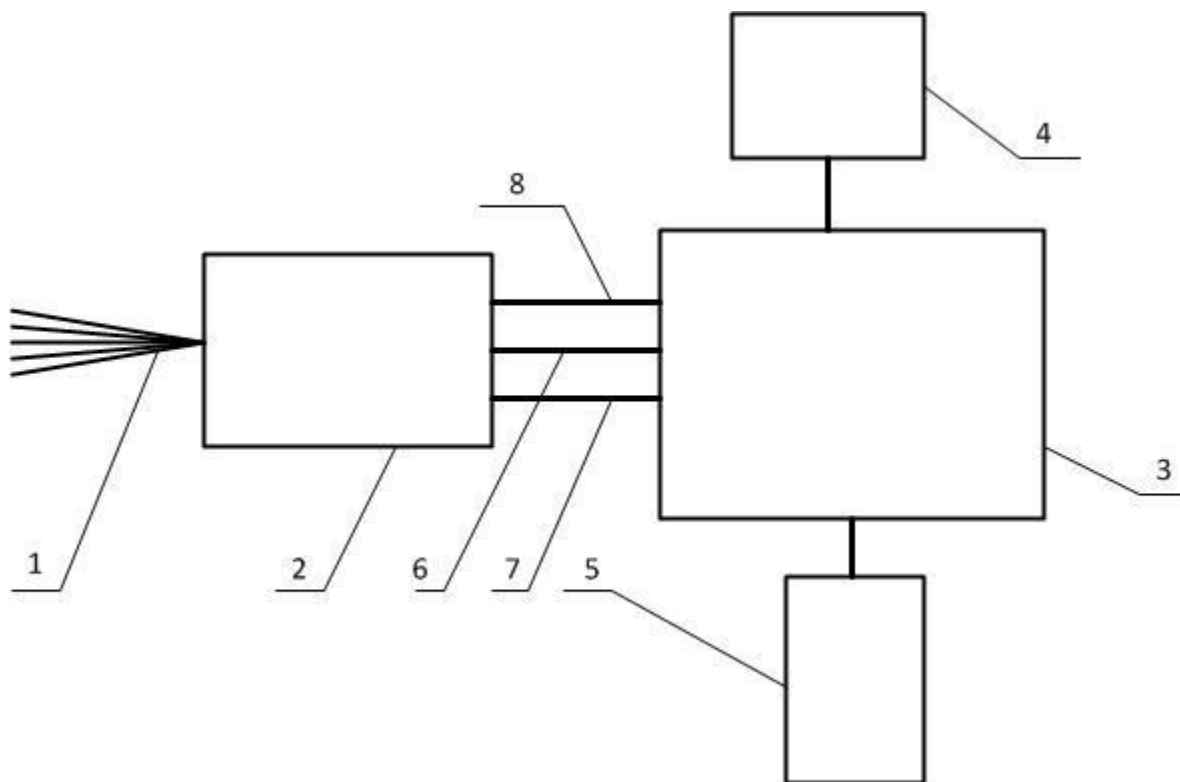


Получение дезинфицирующего агента для стерилизации больших помещений с помощью электроразрядной технологии.

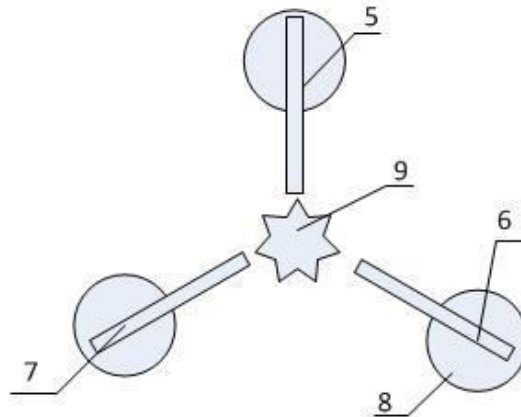
Доклад асп. Астафьева К.А., зав. отделом Иванова И.П., инженер Макаров А.А., вед.н.сотр. Пискарев И.М.



Фиг. 1. Функциональная схема устройства.



1. Струя распыленного реагента на выходе устройства.
2. Блок разрядных электродов с форсункой для распыления.
3. Блок управления разрядом с насосом для подачи реагента.
4. Источник питания 220 Вольт.
5. Резервуар с исходным раствором.
6. Шланг подачи воздуха.
7. Шланг подачи исходного реагента.
8. Кабель электрического питания на разрядные электроды.



Конструкция системы трех электродов.

5 – Разрядный электрод 1.

6 – Разрядный электрод 2.

7 – Разрядный электрод 3.

8 – Изоляционный держатель электродов.

9 – Холодно-плазменный разряд

Реагент, добавляемый в воду. Пергидроль (перекись водорода с добавкой стабилизатора фосфата натрия Na_3PO_4), концентрация перекиси 50%. Сама перекись водорода – очень слабая кислота. Она диссоциирует по схеме:



Ее константа диссоциации $\text{pK}_a = 11.65$. То есть с большой вероятностью перекись будет диссоциировать при $\text{pH} > 11.65$. При меньших pH она существует в основном в виде нейтральной молекулы.

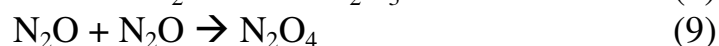
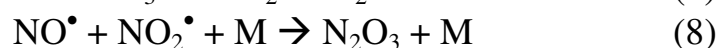
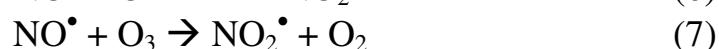
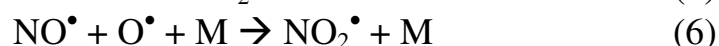
Однако, так как в качестве стабилизатора применяется фосфат натрия, который является солью сильного щелочного металла (натрия) и слабой кислоты (фосфорной), фосфат натрия дает щелочную реакцию.

Когда струя водяного тумана обрабатывается электрическим разрядом, перекись диссоциирует, ионы HO_2^- остаются в свободном состоянии, либо прилипают к капелькам воды. Образуются кластеры $\text{HO}_2^-(\text{H}_2\text{O})_n$, где n может принимать значения от 0 до 4. Наличие кластеров идентифицировано масспектрометрически.

Под действием электрического разряда в воздухе образуются соединения азота (азотистая и азотная кислоты) [5]. Азотистая кислота нестабильна, она со временем распадается, превращаясь в азотную кислоту: $\text{HNO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$. Азотная кислота сильная, она диссоциирует полностью. Поэтому, когда азотистая кислота превращается в азотную, значение pH уменьшается.

На следующие сутки после обработки воды разрядом, pH пробы 1 уменьшилось: $4,01 \rightarrow 3,63$.

Механизмом образования азотистой и азотной кислот являются реакции:



Азотная кислота образуется при распаде нестабильной азотистой кислоты:



Реакция перекиси водорода с азотистой кислотой приводит к образованию пероксиазотистой кислоты:



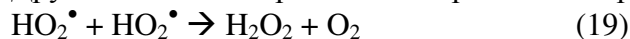
Пероксиазотистая кислота является сильным окислителем, поэтому обладает высокой биологической активностью. Пероксиазотистая кислота нестабильна, ее время жизни около 1 секунды. Но это время намного больше, чем время жизни радикалов. Пероксиазотистая кислота за время жизни ~ 1 секунды успевает проникнуть внутрь клетки, в то время, как радикалы за время жизни 10^{-7} - 10^{-9} секунды не успевают мигрировать далеко от места образования и гибнут на поверхности клетки. Поэтому пероксиазотистая кислота играет большую роль в биологических процессах.

Перекись водорода образуется в чистой воде под действием электрического разряда [15]. Первичной активной частицей, приводящей к образованию перекиси водорода, является гидроксильный радикал OH^\bullet .



Без третьей частицы М реакция невозможна. Третья частица М принимает на себя импульс отдачи и обеспечивает выполнение закона сохранения энергии и импульса. Поэтому реакция 18 будет протекать в капельке воды, где плотность третьей частицы (молекул воды) велика и маловероятна в газе, где плотность частиц на три порядка меньше.

Другим каналом образования перекиси водорода является реакция радикалов HO_2^\bullet :



Оба радикала OH^\bullet и HO_2^\bullet взаимодействуют с озоном, превращаясь один в другой:



Реакции 20 и 21 увеличивают эффективное время жизни радикалов HO_2^\bullet и OH^\bullet , на поддержание их жизни расходуется озон. Поэтому озон не наблюдается среди продуктов используемого в патенте разряда.

Таким образом, под действием электрического разряда на воздухе в воде (тумане) образуются активные формы азота и кислорода.

Дезинфицирующее действие раствора. Дезинфицирующими свойствами обладает сама перекись водорода. Промежуточные активные частицы, образующиеся при электрическом разряде: азотные радикалы NO^\bullet и NO_2^\bullet обладают высокой реакционной способностью, и они усиливают дезинфицирующее действие исходного рабочего раствора. Активные формы азота имеют достаточное время жизни, чтобы успеть прореагировать с обрабатываемой поверхностью до превращения в долгоживущие продукты [16]. Взаимодействуя между собой, азотные радикалы образуют долгоживущий окислитель азотистую кислоту и сильный окислитель: пероксиазотистую кислоту. Сильные окислители разрушают стенки живых клеток, тем самым обеспечивая дезинфицирующий эффект. Долгоживущие окислители, к числу которых относится азотистая кислота и комплекс пероксинитрит-пероксиазотистая кислота обеспечивают пролонгированный эффект.

При слишком большой мощности разряда концентрация активных частиц велика, они гибнут во взаимодействиях между собой с образованием малоактивных продуктов (азотной кислоты) [17]. Поэтому эффективность образования дезинфицирующего агента имеет максимальное значение при определенной мощности разряда. С повышением мощности эффективность падает. При фиксированной мощности разряда эффективность образования дезинфицирующего агента достигает максимума для определенной концентрации перекиси.

Таблица 1. Увеличение концентрации ионов водорода $\Delta[\text{H}^+]$ в обработанных растворах дезинфицирующего агента в зависимости от концентрации перекиси водорода $[\text{H}_2\text{O}_2]$ (%) в воде после выдержки обработанного разрядом раствора в течение 14 суток при скорости продува жидкости через распылитель во время обработки 60 и 30 мл/мин.

	Увеличение концентрации ионов $[\text{H}^+]$ через 14 суток при скорости продува жидкости через распылитель:	
Концентрация перекиси водорода, %	60 мл/мин	30 мл/мин
1	$1.83 \cdot 10^{-4}$ моль/л	
3	$3.1 \cdot 10^{-4}$ моль/л	$1 \cdot 10^{-4}$ моль/л
5	$6.1 \cdot 10^{-4}$ моль/л	
7	$3.2 \cdot 10^{-4}$ моль/л	
10	$2.1 \cdot 10^{-4}$ моль/л	

Из таблицы 1 видно, что максимальное увеличение концентрации ионов водорода через 14 суток наблюдается при концентрации перекиси водорода 5%. Таким образом, из фиг. 4 и таблицы 1 можно сделать вывод, что оптимальная концентрация перекиси водорода в рабочем растворе может составлять от 3% до 5%. При меньшей концентрации перекиси содержание активных частиц меньше, при большей концентрации перекиси содержание активных частиц также уменьшается.

Роль органических добавок.

Добавка органического вещества в рабочий раствор может приводить к образованию под действием разряда биологически более активного вещества, чем исходное. Этот случай реализуется при введении в раствор перекиси водорода уксусной кислоты. Уксусная кислота взаимодействует с перекисью водорода, образуется надуксусная кислота.



Реакция 9 протекает медленно, для получения заметного количества надуксусной кислоты смесь перекиси водорода и уксусной кислоты нужно выдерживать не менее двух суток. Под действием разряда реакция будет проходить быстро. Согласно уравнения реакции 23, один моль перекиси водорода ($M = 34$) взаимодействует с одним молем уксусной кислоты ($M = 60$). Поэтому их следует вводить в пробу в соотношении 34:60 (34 весовые части перекиси водорода на 60 весовых частей уксусной кислоты). Допустимо применять весовое соотношение (перекись водорода)/(уксусная кислота) в пределах: (25 – 45)/(50 – 70). Надуксусная кислота является намного более сильным дезинфицирующим средством, чем перекись водорода, поэтому введение уксусной кислоты повышает биологическую активность образующегося под действием плазмы реагента.

Спасибо за внимание