

Малогабаритный ультразвуковой распылитель, объединяющий возможности распыления в слое и в фонтане

[Владимир Н. Хмелёв](#)¹, Senior Member IEEE, [Андрей В. Шалунов](#)¹, Анна В. Шалунова¹,
Михаил Циссер²

¹Бийский технологический институт (филиал) государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

²Zisser GmbH, Germany

Аннотация – в статье описывается конструкция малогабаритного, переносного, ультразвукового аэрозольного аппарата постоянной готовности с возможностью автономного питания, объединяющего распыление в слое и фонтане и способного обеспечить формирование аэрозоля с регулируемым дисперсным составом

Ключевые слова – ультразвук, распылитель, ингалятор, ультразвуковой аэрозольный аппарат.

I. ВВЕДЕНИЕ

В НАСТОЯЩЕЕ время наибольшее распространение при лечении отоларингологических заболеваний получили ультразвуковые аэрозольные аппараты (ингаляторы).

Такие аппараты, как правило, состоят из: электрического генератора ультразвуковых колебаний, питающего фокусирующий излучатель на основе пьезокерамики, резервуара для распыляемой жидкости, камеры образования аэрозоля, отражателя крупных капель и полого дефлекторный кожух для формирования аэрозольного облака определенной направленности. Принцип работы ингалятора заключается в фокусировании энергии ультразвуковых колебаний на поверхности распыляемой жидкости, формировании фонтана, в котором происходит кавитационное распыление жидкости.

Не смотря на разнообразие конструкций [1,2], существующие ингаляторы имеют следующие недостатки:

- невозможность использования за пределами дома или процедурных кабинетов, в движении или лежащими больными, так как аппараты функционирует только в вертикальном положении;

- невозможность переносить аппарат в готовом к работе состоянии, т.к. любое его отклонение от вертикального положения вызывает пролив распыляемой жидкости;

- высокая потребляемая мощность, что исключает использование аппарата в полевых условиях при обеспечении питания от аккумуляторных батарей;

- малая производительность распыления и ограниченный диапазон размеров частиц формируемого аэрозоля, обусловленный использованием только одного способа распыления – распыления в формируемом фонтане [3].

Для устранения указанных недостатков был разработан ультразвуковой аэрозольный аппарат, отличительными особенностями которого являются:

- фокусировка ультразвуковых колебаний в материале металлического концентратора, обеспечивающая наилучшие энергетические характеристики;

- малый объем активной распылительной камеры, исключающий пролив жидкости и обеспечивающий функционирование аппарата в любом положении;

- автоматическая подача распыляемой жидкости в распылительную камеру под действием звукокапиллярного эффекта.

II. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

На Рис. 1 представлена структурная схема разработанного аэрозольного аппарата.

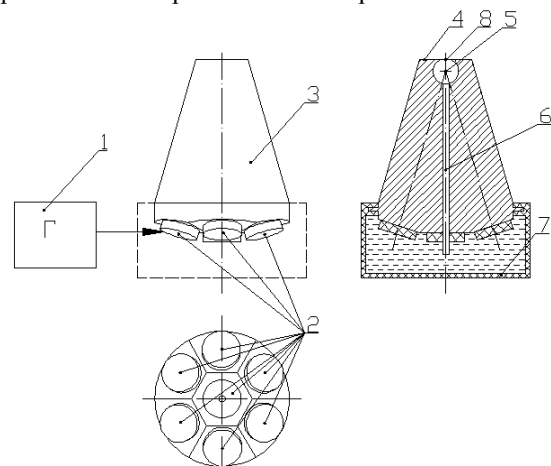


Рис.1 Структура ультразвукового аэрозольного аппарата.

Он состоит из генератора электрических колебаний 1, пьезоэлектрических пластин 2, металлического концентратора 3. В центре поверхности распыления 4 выполнена полость, которая является распылительной камерой 5, имеющей капиллярное отверстие 8 для выхода образовавшегося аэрозоля. По капилляру 6 распылительная камера 5 сообщается с резервуаром распыляемой жидкости 7.

Поверхность распыления 4 может иметь произвольные геометрические формы, например, быть в виде чаши (рис. 2 а), иметь произвольный наклон относительно продольной акустической оси концентратора 3 (рис. 2 б).

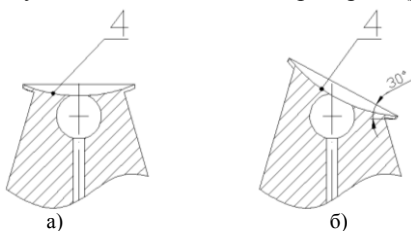


Рис. 2. Возможные варианты исполнения торцевой поверхности.

Распылительная камера 5, может посредством нескольких капилляров 6, соединяться с резервуарами 7 для подачи различных распыляемых лекарственных средств и обеспечению их одновременного воздействия (Рис. 3)

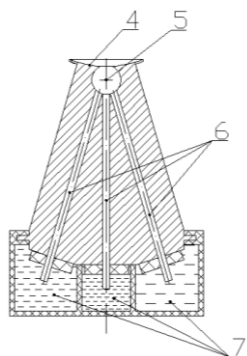


Рис. 3. Вариант конструкции ингалятора для распыления различных жидкостей без предварительного смешивания

Акустически, конструкция разработанного распылителя представляет собой двухчастотную ультразвуковую колебательную систему с ярко выраженными резонансами килогерцового (низкочастотного) и мегагерцового (высокочастотного) диапазонов. Это резонансы пьезоэлектрических пластин (например, 2,5 МГц) и всей конструкции (например, 120 кГц). Система может возбуждаться одновременно на двух резонансах или на каждом в отдельности.

Работает распылительный аппарат следующим образом. При возбуждении на частоте килогерцового диапазона (120 кГц), распылитель представляет собой пьезоэлектрическую колебательную систему с концентратором ультразвуковых колебаний 3. В этом случае генератор 1 создает электрические колебания

ультразвуковой частоты, равной продольной резонансной частоте концентратора 3. Мощности ультразвуковых колебаний, создаваемые пьезоэлектрическими пластинами 2 складываются на поверхности распыления 4 и распыление жидкости происходит со всей поверхности 4. Форма и направление формируемого факела определяются формой поверхности распыления 4.



Рис. 4. Формируемый ингалятором факел распыления

На рис. 4 показан факел, формирующийся на поверхности распыления 4 в форме чаши, с углом наклона 30° . Средний диаметр капель аэрозоля формируемого на частоте 120 кГц равен 18-20 мкм.

На частоте мегагерцового диапазона генератор 1 создает электрические колебания высокой частоты, равной резонансной частоте (например, 2,5 МГц) пьезоэлектрических пластин 2. Механические колебания, генерируемые пластинами 2, фокусируются в распылительной камере 5. Ультразвуковые колебания, возникающие в распылительной камере 5, вызывают разряжение внутри нее, обеспечивающие подачу распыляемой жидкости по капилляру 6 в распылительную камеру 5. Сечение капилляра 6 выбирается таким образом, чтобы силы поверхностного натяжения удерживали находящуюся в нем жидкость, исключая ее самопроизвольное вытекание при любом положении аэрозольного аппарата. После заполнения распылительной камеры 5, ультразвуковые колебания, фокусируются в распыляемой жидкости, вызывая ее мелкодисперсное (3.5 мкм) распыление через капиллярное отверстие 8.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Наиболее эффективным является режим работы, при котором генератор 1 создает электрические колебания высокой частоты мегагерцового диапазона (2.5 МГц), модулированные колебаниями килогерцового диапазона (120 кГц) (рис. 5). В этом случае происходит одновременное высокочастотное распыление жидкости из распылительной камеры 5 и низкочастотное распыление с поверхности распыления 4.

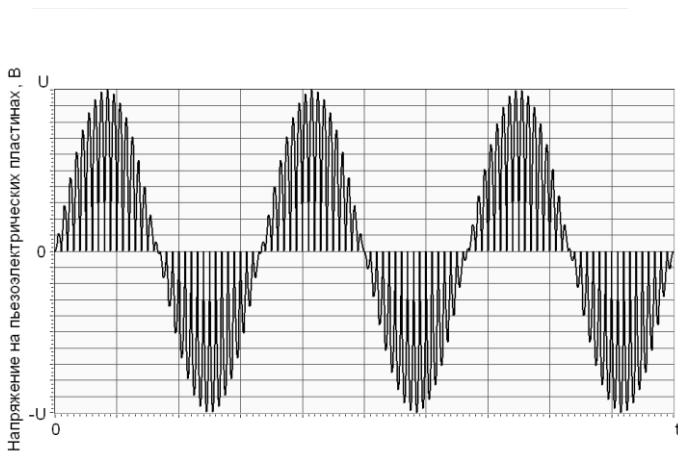


Рис 5. График зависимости напряжения пьезоэлектрических пластин от времени

На гистограмме, показанной на рис. 6 (ось X – диаметр капли, ось Y – процентное содержание капель указанного диаметра в общем объеме составе аэрозоля) отчетливо видны два максимума, соответствующие диаметрам капель (3-5мкм и 18-20мкм), возникающих при возбуждении распылителя на частотах его основных резонансов. Промежуток между основными диаметрами капель (3-5мкм и 18-20мкм) также достаточно «плотно» заполнен каплями промежуточного диаметра.

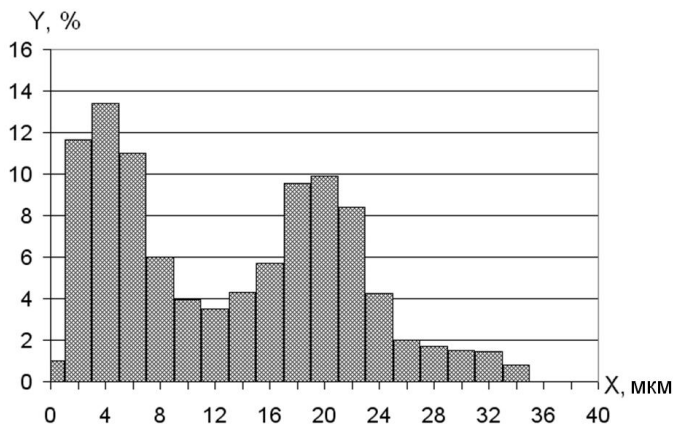


Рис. 6 Гистограмма распределение капель аэрозоля

Об энергетической эффективности разработанного распылителя можно судить по степени фокусировки ультразвуковой энергии в концентраторе 3 (рис. 7).

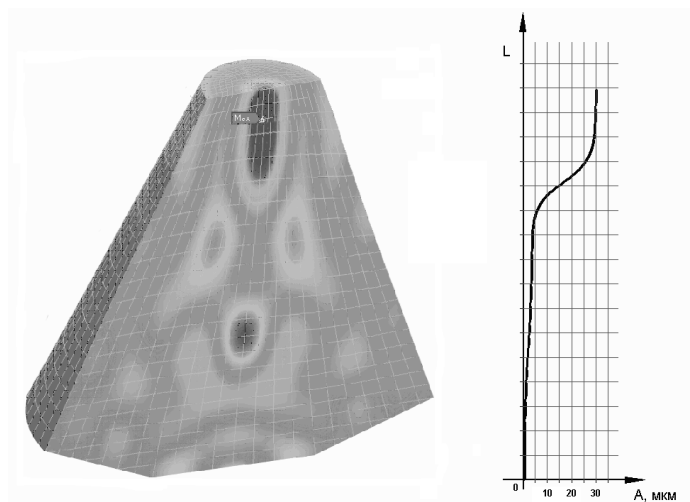


Рис 7 Фокусировка ультразвуковой энергии в материале элемента

Интенсивность звуковой энергии в распылительной камере 5 в центре поверхности распыления 4 не менее чем в 30 раз превосходит интенсивность звуковой энергии на поверхности пьезоэлектрических пластин 2, при этом, в процессе распыления воды с производительностью распыления 1 мл /мин расходуется не более 3 Вт электрической энергии. Это говорит о высокой энергетической эффективности преобразователя.

Благодаря таким низким энергетическим затратам электронный генератор для питания распылителя может иметь простое схмотехническое решение и выполняться по схеме автогенератора, изготовленного на одной интегральной схеме (например FSFR1700 фирмы FAIRCHILD SEMICONDUCTOR) с возможностью питания от стандартного гальванического элемента. При этом суммарная электрическая мощность, потребляемая устройством (с учетом потерь), не превысит 4...5 Ватт.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Благодаря низким энергетическим затратам электронный генератор для питания распылителя может иметь простое схмотехническое решение. При этом суммарная электрическая мощность, потребляемая устройством (с учетом потерь), не превысит 5...6 Ватт.

Разработанная конструкция ультразвукового аэрозольного аппарата позволяет создать портативные ультразвуковые аэрозольные аппараты, в которых распыляемая жидкость не имеет возможности вытекать. Использование такого аэрозольного аппарата максимально просто, нажал кнопку – происходит генерация аэрозоля. Но в отличие от существующих ингаляторов, использующих гидродинамический способ распыления, в разработанном аппарате формируется мягкий равномерный аэрозоль, легко проникающий в альвеолы легких.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Ультразвуковой аэрозольный аппарат : пат.2039576 Российская Федерация: МПК 6 А61М11/00, А61М15/02/ Ю.В. Гавинский, В.Н. Хмелев, заявители: Хмелев Владимир Николаевич; Гавинский Юрий Витальевич, патентообладатель: Научно-производственное акционерное предприятие "Алтаймедприбор" - № 5035051/14; заявл. 31.03.1992; опубл. 20.07.1995 – 5 с.: ил.
- [2] Ультразвуковой ингалятор : пат. 2070062 Российская Федерация: МПК6 А61М15/02 / В.Н. Хмелев, Ю. В. Гавинский, Б. С. Котов; заявитель и патентообладатели: Котов Борис Степанович; Хмелев Владимир Николаевич; Гавинский Юрий Витальевич. – № 93021377/14; заявл. 20.04.93; опубл. 10.12.96, Бюл. № 15. – 4 с.: ил.
- [3] Экнадиосянц, О. К. Получение аэрозолей. Физические основы ультразвуковой технологии/ под ред. Л.Д. Розенберга. – М.: Наука, 1970.