

отследить достижения науки в смежных областях – на данном этапе это серьёзные принципиальные моменты, препятствующие эффективному развитию биофизического научного направления.

Таким образом, особенности исследования биообъектов обусловлены, главным образом, их чрезвычайной сложностью и непрерывной изменчивостью функциональных свойств, так как любой живой организм представляет собой необычайно сложно организованную открытую систему, на которую постоянно воздействуют различные физические факторы, вызывающие ответную реакцию. Сложность измерений связана со сравнительно малыми абсолютными значениями измеряемых величин при больших уровнях шумов, взаимодействием биообъекта и измерительной аппаратуры, исключить которое невозможно в принципе, а также невозможностью учёта психофизиологических факторов, количественная оценка которых затруднена. Отсюда следует, что для эффективного изучения биосистемы совершенно необходима организация комплексных исследований и сотрудничества квалифицированных специалистов всех естественнонаучных направлений.

#### Список использованных источников

1. Новиков, А. М. Методология научного исследования / А. М. Новиков, Д. А. Новиков // М.: Либроком, 2010. – 280 с.
2. Медицинская и биологическая физика: учебник / А. Н. Ремизов. – 4-е изд., испр. и перераб. – 2012. – 648 с. : ил.
3. Лошицкий, П. П. Взаимодействие биологических объектов с физическими факторами. – Киев, 2009. – 267 с.
4. Антонов, В. Ф. Биофизика / В. Ф. Антонов, А. М. Черныш, В. И. Пасечник, С. А. Вознесенский, Е. К. Козлова // Учебник для вузов: под ред. проф. В. Ф. Антонова, издание первое, ГИЦ «Владос». – Москва, 2000.
5. Основы психофизиологии: учебник / отв. ред. Ю. И. Александров. – М.: ИНФРА-М, 1997. – 339 с.

УДК 534

## ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ СТЕРИЛИЗАЦИИ ПРЕДМЕТОВ

*Лаппо Н.М., ст. преп., Кузнечик М.В., студ., Липницкий К.Б., студ.*

*Витебский государственный технологический университет,*

*г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрены механизм ультразвуковой стерилизации, методы возбуждения ультразвуковых колебаний, ультразвуковые технологии (метод погружения, очистка непрерывно-последовательным методом, контактный метод, ультразвуковая мойка), преимущества метода ультразвуковой обработки. Ультразвуку подвластны все возможные загрязнения химического или биологического характера. Обработка занимает совсем немного времени. Инструменты сложных конструкций при помощи ультразвуковой обработки очищаются во всех, даже, казалось бы, недоступных местах. Ультразвуковые мойки экономичны, потребляют минимум электроэнергии и одновременно с этим имеют высокий КПД. Ультразвук нашёл широкое применение в разных сферах промышленности. Стерилизация ультразвуком является хорошим методом очистки различного рода предметов, т.к. обеспечивает полную очистку от различных бактерий.

Ключевые слова: ультразвук, кавитация, стерилизация.

Упругие колебания в диапазоне частот  $10^5$ – $10^8$  Гц называются ультразвуком. В настоящее время считается общепринятым, что стерилизующее действие ультразвука проявляется при интенсивности  $0,5$  Вт/см<sup>2</sup> и частоте колебаний 20 кГц и выше. С увеличением частоты колебаний ускоряется эффект стерилизации.

Механизм стерилизующего действия ультразвука весьма сложен и раскрыт не полностью. Очевидно, кавитация является ведущим фактором. Явление кавитации возникает в первую очередь там, где прочность жидкости наименьшая, т.е. на границе

раздела сред клетка–жидкость. При образовании на поверхности клетки кавитационного пузырька в момент его уменьшения происходит как бы втягивания структуры стенки в поверхность каверны. В последующей фазе при захлопывании каверны возникает мощный гидродинамический удар, достигающий сотен атмосфер, сильный микроточечный электрический разряд, который отбрасывает вытянувшуюся часть клетки назад. В этот момент в поверхностных слоях и в глубине клетки образуются быстрые микропотоки, происходит сдвиг от равновесного состояния микроклеточных структур, который при повторных явлениях кавитации переходит в хаотическое смещение, приводящее к необратимым изменениям. На последней стадии происходит мгновенное нарушение целостности клетки, разрыв оболочки на части, приводящее к вытеканию содержимого микроорганизма в окружающую среду.

Применение ультразвука возможно для стерилизации лекарственных средств, изготовленных как в заводских, так и в аптечных условиях. Перспективно применение ультразвука для стерилизации растворов для внутреннего и наружного применения, в том числе глазных капель, растворов для инъекции. Для их стерилизации применяется ультразвук в диапазоне частот 250–450 кГц.

#### 1. Механизм ультразвуковой стерилизации.

Ультразвуковая стерилизация возможна как в химически активных средах, так и в пассивных средах, не растворяющих загрязнения. Механизм ультразвуковой очистки, обусловленный механическим воздействием химически пассивной среды, может быть объяснен разрушением (дроблением) пленки загрязнений, возникающим в силу появления ударной волны при аннигиляции кавитационных пузырьков вблизи места загрязнений, а также возникновением интенсивно колеблющихся пузырьков, проникающих в поры, щели и зазоры между загрязнениями и твердой поверхностью очищаемой детали.

При пульсациях кавитационных пузырьков на пленку загрязнений воздействуют динамические нагрузки. Кавитационные пузырьки производят микроударное разрушение поверхностной пленки. Микроударные нагрузки характеризуются резким возрастанием давлений до значительной величины, за которым следует столь же быстрое уменьшение нагрузки. Распределение напряжений, вызванных такими нагрузками, отличается локальностью и сильной неравномерностью, что приводит к появлению в пленке загрязнений трещин, а также следов эрозии, которые наблюдаются на поверхности пленки в виде точечных кратеров. Повышать эрозионную активность моющей жидкости следует лишь в тех случаях, если необходимо удалить пленки с высокой кавитационной стойкостью, прочно связанные с очищаемой поверхностью и химически не взаимодействующие с моющей жидкостью. Однако необходимо учитывать, что микроударному разрушению может подвергнуться не только пленка загрязнений, но и очищаемый материал. Поэтому при удалении загрязнений, прочно связанных с очищаемой поверхностью, выгодно проводить очистку в несколько этапов, снижая интенсивность кавитации по мере разрушения пленки загрязнений.

Известны три возможных механизма разрушения поверхностных пленок пульсирующими кавитационными пузырьками: отслоение, струйная очистка, эмульгирование.

#### 2. Методы возбуждения ультразвуковых колебаний.

Для возбуждения ультразвуковых волн в жидкости могут быть применены различные методы преобразования электрической энергии в ультразвуковую вибрацию, а также различные способы передачи этих вибраций моющему раствору. Из трех схем преобразования – электромагнитной, магнитострикционной и пьезоэлектрической следует отдать предпочтение двум последним как по диапазону генерируемых частот и мощности излучения, так и по эффективности. Диапазон частот магнитострикционных вибраторов определяется величинами 10–100 кГц. Пьезоэлектрические вибраторы (кварцевые и из титаната бария) могут использоваться до частот порядка 50 МГц. Для эффективной очистки деталей на излучатели ультразвука необходимо подавать большие мощности (порядка 1–2 кВт).

#### 3. Ультразвуковые технологии.

##### 3.1 Метод погружения.

Этот метод применяется для очистки мелких деталей, размер которых много меньше или соизмерим с размерами излучателя. Детали загружают в ванну в сетчатых корзинах, которые устанавливают как можно ближе к поверхности излучателя. При очистке методом погружения необходимо применять сетчатые грузочные устройства с крупными ячейками (не менее 5х5мм), а в процессе очистки следует поворачивать и перемещать инструменты

относительно излучателя, чтобы обеспечить равномерную очистку поверхности всех инструментов.

### 3.2 Очистка непрерывно-последовательным методом.

Метод введения излучателей в зону обработки весьма эффективен для очистки труднодоступных мест, глухих отверстий, каналов. В большинстве случаев очистку этим методом целесообразно осуществлять с помощью ручных устройств. Одним из главных требований к таким устройствам является их малая масса и компактность. Преобразователи к ним целесообразно настраивать на частоту 44 кГц. Излучателем служит изгибно колеблющаяся трубка, диаметр которой выбирается таким, чтобы зазор между стенкой очищаемого отверстия и наружной стенкой трубы не превышал 3–5 мм.

### 3.3 Контактный метод.

Для очистки контактным методом ультразвуковые колебания создаются в изделии в результате акустического контакта между преобразователем и деталью. Деталь становится вторичным излучателем, и очистка поверхности происходит не только за счет специфических эффектов, возникающих в жидкости при распространении звуковой волны, но и за счет изгибных колебаний самой детали, способствующих отслоению пленки загрязнений с их поверхности. Контактный метод используется для очистки внутренних полостей изделий сложного профиля с толщиной стенки не более 2 мм.

### 3.4 Ультразвуковая мойка.

Ультразвуковая мойка – это особый высокотехнологичный аппарат, предназначенный для дезинфекции медицинского инвентаря. В моющем растворе внутри ёмкости под действием звукового излучения высокой частоты возникает кавитация. В жидкой среде образуются акустические потоки с мельчайшими пузырьками газа. Пузырьки быстро разрушаются, создавая эффект микрофибрилляции. Невидимые глазом взрывы происходят во всей массе жидкости, заставляя раствор интенсивно двигаться в отверстиях, зазорах, изгибах и пазухах промываемых предметов. Размер полостей не имеет значения. Все поверхности, включая труднодоступные, очищаются быстро и очень эффективно. Обработка медицинских инструментов состоит из трёх основных этапов, которые проходят внутри мойки: 1) предварительная промывка проточной водой; 2) заполнение ёмкости специальным моющим раствором и очистка; 3) слив раствора и заключительная промывка проточной водой. Все этапы дезинфекции осуществляются без перемещения инструментов вручную! По окончании процесса инструменты помещаются в сушилку, после чего они будут готовы к дальнейшей стерилизации в автоклаве.

## 4. Преимущества метода УЗО (ультразвуковая обработка).

Ультразвуку подвластны все возможные загрязнения химического или биологического характера – масляные плёнки, жиры, кровь, следы лекарственных препаратов, продукты коррозии, нерастворимые соединения. Кавитация и акустические течения фактически срывают грязь с поверхности объектов, размещённых в ёмкости. УЗИ мойка сводит к минимуму тактильный контакт людей с загрязнёнными предметами, что очень важно.

Обработка занимает совсем немного времени. Воздействие волн бережно и безвредно для заточенных, дорогостоящих и хрупких инструментов, срок службы инвентаря значительно продлевается. Предметы из стекла, пластика, керамики, металла одинаково эффективно обеззараживаются в УЗИ мойке.

Инструменты сложных конструкций при помощи УЗО очищаются во всех, даже, казалось бы, недоступных местах. Для УЗО не будет преградой микроскопический размер отверстия или мелкий рельеф деталей. Многократно облегчается дезинфекция колющих и режущих фрагментов, большого количества мелкого инвентаря.

Ультразвуковые мойки экономичны, потребляют минимум электроэнергии и одновременно с этим имеют высокий КПД. Процесс автоматизирован и не требует отслеживания этапов.

Активность дезинфицирующей жидкости внутри ультразвуковой мойки остаётся неизменно высокой на протяжении всей процедуры.

Последние модели УЗ моек способны обеспечивать непрерывный цикл санации, позволяя производить очистку большого количества предметов в потоковом режиме.

Ультразвук нашёл широкое применение в разных сферах промышленности. Стерилизация ультразвуком обеспечивает полную очистку предметов от различных загрязнений и бактерий. Все возможности ультразвука до конца ещё не изучены, исследования по его воздействию на различные вещества и его применению продолжаются.

#### Список использованных источников

1. Эффективность стерилизации металлоконструкций в процессе их ультразвуковой очистки // Современные проблемы стоматологии: Сб. трудов 6-й междунар. конф. - Саратов: СГТУ, 2002. – С.129–131.
2. Очарование нанотехнологии [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://www.bst3m.ru/ster/har.pdf> – Дата доступа: 18.04.2018.

УДК 53

## ОПЫТНАЯ ПРОВЕРКА ЗАКОНОВ НЬЮТОНА

**Федосеев Г.Н., к.т.н., доц., Василевская В.В., студ.**

*Витебский государственный технологический университет,*

*г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрена методика расчёта ускорения, с целью увеличения точности получаемых результатов и уменьшения расхождения между теоретическими и экспериментальными результатами.

Ключевые слова: машина Атвуда, ускорение, момент инерции в блоке, момент трения в блоке.

В лабораторной работе по физике, посвящённой опытной проверке законов Ньютона, используется установка, именуемая машиной Атвуда (рис. 1).

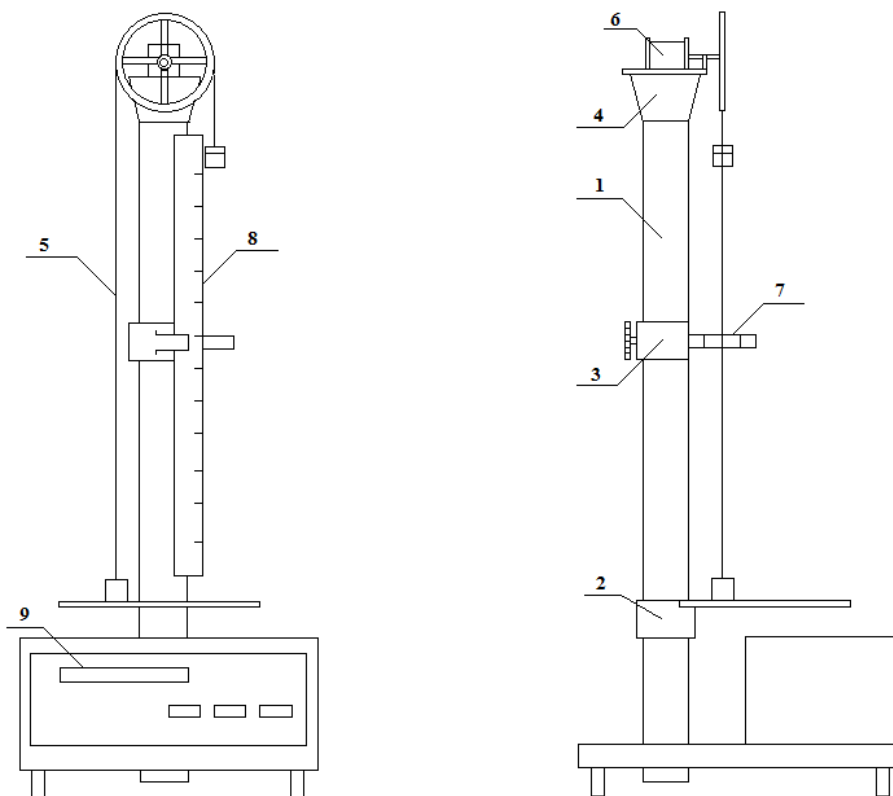


Рисунок 1 – Общий вид экспериментальной установки: 1 – вертикальная стойка, 2 – нижний кронштейн, 3 – средний кронштейн, 4 – верхний кронштейн, 5 – нить с грузами, 6 – электромагнит, 7 – фотодатчик, 8 – миллиметровая линейка, 9 – миллисекундомер

На этой машине определяется ускорение грузов на нити, переброшенной через блок. Когда на концах нити висят грузы одинаковой массы  $M$ , система находится в равновесии. Если на один из грузов положить перегрузок  $m$ , система выходит из равновесия и движется равноускоренно. При помощи миллиметровой линейки 8, укрепленной на вертикальной