

## КОНТРОЛЬ ИНГАЛЯТОРНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПНЕВМОНИЙ, МЕТОДОМ ПАССИВНОЙ ЭХОЛОКАЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

*А. Е. АПИКОВА, Д. А. ФЕДОТОВ*

---

В статье даётся пример совмещения системы для реализации способа диагностики пневмонии, методом пассивной эхолокации и ультразвукового ингалятора для введения лекарственных средств в дыхательную систему пациента, с целью контроля за проведением лечебных процедур и дальнейшего отслеживания прогресса лечения. Контроль осуществляется благодаря прослушиванию, идентификации и выявлению места положения источников патологических шумов в дыхательной системе и дальнейшей коррекции направления, количества и силы введения воздушной смеси в дыхательные пути в соответствии с данными диагностики.

*Ключевые слова:* пневмония, ультразвуковой ингалятор, пассивная эхолокация, аускультация, вентиляторассоциированная пневмония.

### ВВЕДЕНИЕ

Заболевания органов дыхания у новорожденных и детей младшего возраста являются очень актуальной проблемой в современной медицине. Среди всех заболеваний органов дыхания, наиболее тяжёлой по течению, развитию осложнений и возможными неблагоприятными прогнозами является пневмония [1, 2].

Одной из наиболее важных задач для пульмонологов, в лечении бронхолегочных заболеваний, является обеспечение доставки лекарственного препарата прямо к месту воспаления и уменьшение его потерь, связанных с переносом препарата по кровеносному руслу, разрушением в печени и выведением через выделительные органы.

Не менее важной задачей является обеспечение точной диагностики заболевания и отслеживание прогресса лечения.

В случае с заболеваниями дыхательной системы человека наиболее эффективным способом доставки лекарственного средства к месту воспаления считается ингаляторная терапия. А для определения места положения воспалительного процесса необходима точная диагностика.

### 1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

#### 1.1. Анализ проблем и постановка задач

Для проведения ингаляций используют специальные приспособления, называемые ингаляторами [3]. В настоящее время наиболее популярными являются компрессорные и ультразвуковые ингаляторы. Но наибольшее распространение в лечении острых респираторных заболеваний получили ультразвуковые ингаляторы ввиду своей высокой эффективности.

Принцип действия ингаляторов основан на распылении лекарственных препаратов. Поскольку последние попадают в организм в виде мелкодиспер-

сионных взвесей, они максимально быстро впитываются в ткани и действуют по всей полости дыхательной системы. Это обусловлено тем, что ультразвуковые приборы распыляют препараты посредством высокочастотного воздействия на лекарственное средство. Генератор создает волны с частотой от 1 до 3 МГц. Эти волны действуют на лекарство, формируя мелкие частицы, и за счет этого обеспечивают максимально глубокое проникновение препаратов в органы дыхательной системы [4].

Не каждое ингаляционное ультразвуковое устройство является достаточно эффективным и удобным для применения у новорожденных, детей младшего возраста, больных, находящихся в бессознательном состоянии, клинических испытаний лекарств на животных. Это обусловлено отсутствием контроля над воздушным потоком, недостаточной глубиной введения лекарственного средства, использованием холодного воздуха из окружающей среды.

Наиболее приемлемым по технической сущности решением является ультразвуковой ингалятор, содержащий между входным и выходным отверстиями концентратор к которому подключен пьезоэлектрический преобразователь с генератором электрических колебаний и вентилятор связан с входным отверстием [5]. Хотя эта система не имеет возможности контроля над воздушным потоком, синхронизации работы с дыханием пациента, имеет место падение давления воздушной смеси на выходе ингалятора. Такие недостатки приводят к снижению эффективности введения лекарства по назначению, делают невозможным использование ингалятора в отделениях неонатологии, вызывают трудности при естественном дыхании.

При диагностике врач проводит аускультацию, чтобы выяснить наличие и источник дыхательных шумов. По характеру звука определяет вид патологии [6].

Для проведения же контроля над прогрессом лечения у врача пульмонолога имеется широкий спектр методов диагностики. Среди них наиболее распространена аускультация дыхательной системы посредством стетофонендоскопа. Такой метод не всегда удобен для врача или пациента. На качество аускультации влияют не только технические характеристики стетоскопа, шумы сердца, внешние помехи.

Иногда при выслушивании возникают звуки, которые невозможно идентифицировать по причине их нечеткости или помех. Тогда врач сомневается, к какой патологии они принадлежат. Для новорожденных и детей младшего возраста процесс аускультации имеет сложности и ограничения. При проведении выслушивания маленький ребенок часто плачет, не может выполнять просьбы врача. Также для новорожденных не применяют спирометрию и пикфлоуметрию, а потому могут иметь место ложные диагнозы [7].

Из автоматизированных систем аускультации дыхательных шумов были предложены электронные стетоскопы с усилителем звука. Такие стетоскопы не слишком распространены в практике врачей. Это связано с их высокой ценой, слабой слышимостью сложных шумов.

Для контроля над прогрессом лечения и начальной диагностики используют флюорографию. Способ достаточно информативный, но имеет побочный эффект в виде рентгеновского излучения. Не применяют к новорожденным.

К безопасным методам диагностики относится перкуссия и бронхофонография. Оба процесса являются автоматизированным. Для реализации перкуссии на тело пациента подают различные акустические колебания и пытаются выявить места воспаления по тону резонансных отзвучиваний [8]. Недостатком перкуссии является построение только двухмерной карты, отображающей на поверхности кожи рисунок из темных и светлых участков. Метод не является достаточно информативным, имея недостаток невозможность анализа характера дыхательных шумов. Бронхофонография – исследование, основанное на объективном компьютерном анализе различных характеристик дыхательных шумов [9]. Недостатками метода и его реализации является невозможность выявить область дыхательной системы, содержащей воспаление, доставляет неудобство пациентам при использовании трубки с загубником, в которой расположен датчик. Для новорожденных используют специальную маску, которая одевается на внешние органы дыхания. Датчик в такой системе только один, а маска может доставлять ребенку неудобства.

Из сказанного можно подвести итог о существующих проблемах в вопросе контроля над лечением пневмоний у новорожденных и детей младшего возраста: для введения лекарственных препаратов необходим ингалятор с контролем над параметрами воздушной лекарственной смеси, для эффективного про-

цесса лечения и отслеживания прогресса необходима система, определяющая характер и положение патологии безопасным и удобным способом.

## 1.2. Методы и организация исследования

Для решения поставленных задач в области диагностики был предложен способ диагностики пневмоний пассивной эхолокацией [10].

Для реализации способа диагностики пассивной эхолокацией акустический сигнал дыхательных шумов поступает сразу от нескольких датчиков, которые располагаются вокруг грудной клетки. Далее сигнал усиливается, фильтруется, оцифровывается и проходит дальнейшую обработку вычислительной системой с помощью программного обеспечения (ПО). Каждый из датчиков имеет виртуальную координату  $D(x, y, z)$ . Благодаря этому в программном обеспечении компьютера происходит расчет положения в виртуальном пространстве источника шума.

На рис. 1 представлена структурная схема диагностической системы для реализации способа пассивной эхолокации [11].

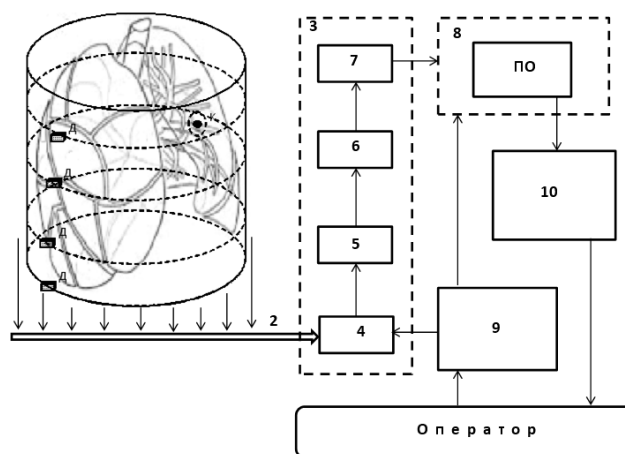


Рис. 1. Структурная схема диагностической системы для реализации способа пассивной эхолокации: К – источник патологических шумов в лёгких, 1 – матрица акустических датчиков, накладывается на грудную клетку пациента, 2 – шина передачи акустического сигнала, 3 – блок обработки акустического сигнала, 4 – мультиплексор, 5 – усилитель, 6 – набор акустических фильтров, 7 – аналого-цифровой преобразователь, 8 – вычислительная система, 9 – блок управления, 10 – блок графического отображения, ПО – программное обеспечение

Наиболее подходящими по техническим характеристикам для матрицы акустических датчиков и возможности использования ее у младенцев и детей младшего возраста, были использованы микрофоны, имеющие малый размер (3,35 x 2,5 x 0,9 мм) [12], вся конструкция, при закреплении на теле не мешает движениям или дыханию. Блок обработки содержит последовательно соединенные мультиплексор, усилитель и набор акустических фильтров, и соединены с набором акустических датчиков шиной. Акустический сигнал с датчиков обрабатывается для последующей передачи в вычислительный центр, роль которого

может выполнять компьютер. Набор акустических фильтров выполняет функцию выделения необходимых диапазонов. Для анализа используется общий диапазон от 200 до 12600 Гц. Полученный сигнал распределяется набором акустических фильтров на три диапазона. Первый диапазон от 200 до 1200 Гц – сюда попадает везикулярное и саккадированное дыхание. Второй диапазон имеет границы от 1200 до 5000 Гц – здесь прослушиваются шумы трения плевры. И третий диапазон от 5000 до 12600 Гц – в него попадают бронхиальное дыхание, крепитации. При этом нормальное дыхание попадает за пределы полосы пропускания акустических фильтров. Разнообразные хрипы, как влажные, так и сухие, прослушиваются на всех трех частотах [13, 14, 15].

После преобразований в блоке обработки звуковой сигнал попадает в компьютер, где в программной среде проходит окончательную обработку согласно способу диагностики пневмоний методом трехмерной визуализации.

Сначала сигнал с каждого датчика проходит восстановление согласно теореме Котельникова, которая утверждает, что любой аналоговый сигнал может быть восстановлен с какой угодно точностью по своим дискретным отсчетам [16]. На рис. 2, а указан сигнал, полученный с одного из датчиков диагностической системы. На рис. 2, б показан этот же сигнал, но уже после восстановления.

При сравнении сигналов, указанных на рис. 2, а и 2, б, выявляется, что сигнал после восстановления стал содержать большее число дискретных отсчетов в своей цифровой форме.

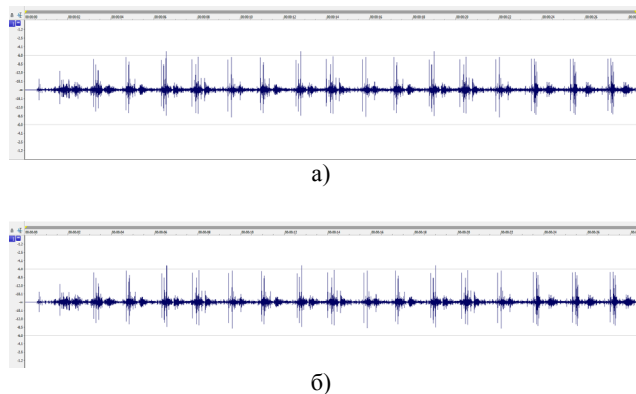


Рис. 2. Сигнал, содержащий крепитации до (а) и после (б) восстановления

Для дальнейшей обработки выделяется участок сигнала, содержащий наиболее значимые шумы, по мнению врача. После чего выбранный участок сравнивается с эталонным сигналом посредством нейронной сети [15, 17].

Способ предусматривает идентификацию дыхательного шума и определение места положения источника, что отображается на виртуальной модели лёгких и позволяет врачу судить о распространённости воспалительного процесса.

На рис. 3 представлена акустическая запись дыхательного паттерна, полученная с помощью описанной выше диагностической системы, а на рис. 4 представлен её спектр. На рис. 5 показан спектральный анализ дыхательного паттерна-эталона.

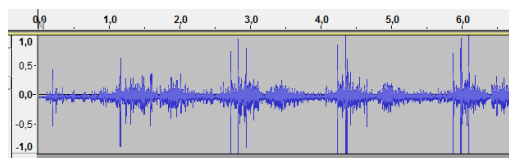


Рис. 3. Отображение, полученного при помощи диагностической системы дыхательного паттерна, содержащего крепитации (часть сигнала рис. 2, б)

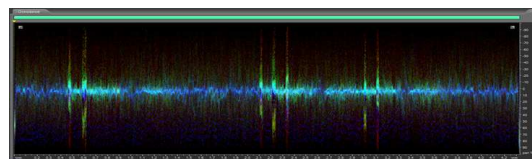


Рис. 4. Спектр дыхательного паттерна, содержащего крепитации

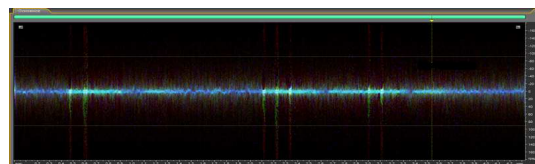


Рис. 5. Спектр дыхательного паттерна-эталона, содержащего крепитации

Как видно из рис. 4 и 5 спектральные картины сигналов имеют схожесть, которая свидетельствует о том, что диагностическая система справляется с поставленными задачами [18].

В эксперименте по сравнению с эталоном использовалось семь записей, содержащих крепитации. Для чистоты эксперимента кроме записей с крепитациями в анализ были включены десять записей нормального дыхания и три записи, содержащие саккадированное дыхание. Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1

Распознавание крепитаций нейронной сетью в записях дыхательных паттернов, содержащих различные шумы

№	Акустический сигнал, представляемый для сравнения с эталоном посредством НС	Процент правильных распознаваний
1	Акустический сигнал, содержащий нормальное дыхание, без патологий (10 различных записей)	Схожесть не обнаружена
2	Акустический сигнал, содержащий крепитацию (7 различных записей)	85,7%
3	Акустический сигнал, содержащий саккадированное дыхание (3 различные записи)	Схожесть не обнаружена

Как видно из таблицы, были распознаны не все сигналы. Это связано со спецификой данного дыхательного шума. Иногда крепитацию по звучанию

трудно отличить от мелкопузырчатых хрипов, возникающих в бронхиолах, от так называемых субкрепитирующих влажных хрипов [19, 20]. И из-за этого могут возникнуть некоторые различия в звучании, которые и повлияли на процент правильных распознаваний.

Наиболее подходящим для решения задачи введения лекарственного средства к месту назначения является ингалятор сухих лекарственных средств ультразвуковой. Проблема маленького объема лёгких решается тем, что в ингаляторе сухих лекарственных средств ультразвуковым предусмотрены возможности подстраивать введение лекарства под нужды пациента. Такая настройка возможна благодаря наличию дозатора лекарственных средств, датчику дыхания, датчику температуры тела, нагревателю воздушной смеси и интубационной трубке специальной конструкции и контролируемому объёму вводимой воздушной смеси.

Благодаря датчику дыхания возможно подстраивать введение воздушной смеси под ритм дыхания пациента и подавать воздушную смесь при каждом вдохе пациента. Датчик температуры существует для контроля над нагревом подготовленной воздушной смеси во избежание возникновения вентиляторассоциированных пневмоний [21]. Интубационная трубка в форме сопла Лавалия предполагает усиление напора потока воздушной смеси на выходе, для более глубокого введения лекарства, непосредственно к месту воспаления.

На рис. 6 представлена схема ингалятора сухих лекарственных средств ультразвукового.

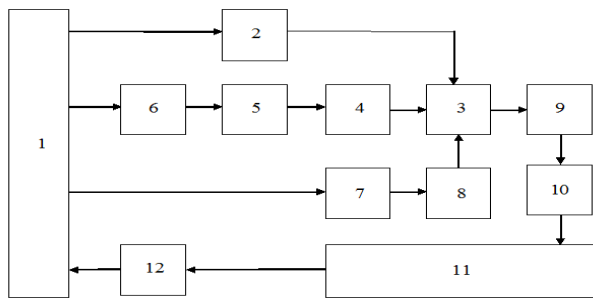


Рис. 6. Структурная схема ингалятора сухих лекарственных средств ультразвуковой: 1 – блок управления, 2 – дозатор, 3 – концентратор, 4 – входное отверстие, 5 – вентилятор, 6 – нагреватель, 7 – генератор, 8 – пьезоэлектрический преобразователь, 9 – выходное отверстие, 10 – интубационная трубка специальной конструкции, 11 – пациент

На этапе разработки ингалятор сухих лекарственных средств ультразвуковой применяли в эксперименте для воспроизведения модели бронхоальвеолита у крыс. Производилось моделирование асептического воспаления, локализованного в легочной ткани. [22, 23].

Для решения технических задач, связанных с малым объемом легких и малым диаметром просвета

трахеи у животных, использовали ультразвуковой ингалятор для сухих лекарственных средств с контролируемым объемом потока воздуха. В качестве интубационной трубки использовали пластиковый подключичный катетер d 1,0 мм с обрезанным концом (в данном случае интубационная трубка специальной конструкции слишком велика).

Успешное введение ирриганта и развитие экспериментального воспаления подтверждалось данным патоморфологического [24] и биохимических исследований [25].

Для наиболее эффективного процесса лечения ингалятор сухих лекарственных средств ультразвуковой следует объединить с системой диагностики пневмоний. В результате получим эффективное устройство для борьбы с заболеваниями дыхательной системы.

На рис. 7 представлено схематичное изображение кооперации ингалятора сухих лекарственных средств ультразвукового и системы диагностики пневмоний.

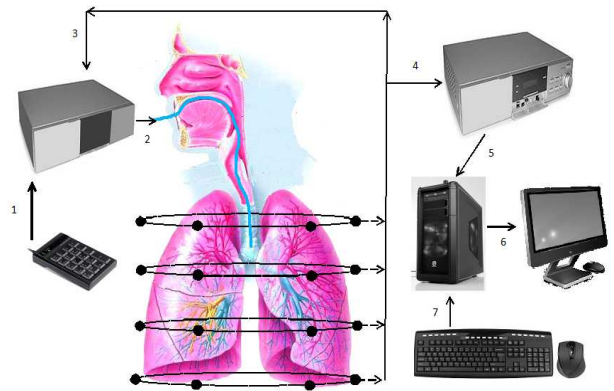


Рис. 7. Схематическое изображение совместного применения диагностической системы и ингалятора при пневмонии: 1 – настройка оператором параметров введения лекарственного средства, 2 – подача лекарственного средства от ингалятора в дыхательные пути пациента, 3 – информация от датчика ритма дыхания, поступающая к ингалятору, 4 – информация от акустических датчиков, поступающая в блок обработки информации диагностической системы, 5 – обработанная информация, поступающая в ПО компьютера, 6 – информация о состоянии дыхательной системы пациента в виде графиков, рисунков и выводов, поступающая на монитор, 7 – ввод оператором команд для ПО

Если диагностической системой были обнаружены патологические шумы в дыхании и определено место их локализации, то в зависимости от решения врача, можно начать лечение, либо пройти дополнительное обследование.

В случае принятия врачом решения о необходимости сразу же после диагностики начать лечение, ингалятор сухих лекарственных средств ультразвуковой настраивается в зависимости от локализации воспалительного процесса.

Идея объединения ингалятора сухих лекарственных средств с диагностической системой состоит в



улучшении качества обслуживания пациентов в клиниках. При такой кооперации у врача пульманолога появится возможность не только провести быстрое и эффективное обследование пациента, но так же оказать необходимую помощь уже на первом приёме. Поскольку, кроме пневмоний, которые непосредственно принимались во внимание при данной разработке, существуют и другие заболевания дыхательной системы, требующие безотлагательного лечения.

Алгоритм контроля над прогрессом лечения достаточно прост. После проведения первичного обследования пациента на диагностической системе, врач-пульманолог принимает решение о дальнейшей стратегии лечения пациента. При наличии лекарственных средств, имеется возможность провести первый сеанс лечения сразу же после обследования, контролируя процесс введения воздушной смеси.

По завершении процесса введения лекарственного средства рекомендуется произвести дополнительную запись дыхательного паттерна, контрольную. Которая будет в дальнейшем использована для сравнительного анализа в наблюдении прогресса лечения.

## 2. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты практического применения ингалятора сухих лекарственных средств ультразвукового и системы диагностики пневмоний можно распределить таким образом:

1. При сравнительном анализе акустических шумов дыхательного паттерна при помощи нейронной сети был получен высокий процент совпадений, что свидетельствует о корректной работе диагностической системы при идентификации дыхательных шумов, вызванных пневмонией.

2. Акустические шумы, которые являются крепитацией, но нераспознаны нейронной сетью как крепитации, имеют сходство в звучании с мелкопузырчатыми хрипами. На схожесть в звучании имеют влияние такие факторы как: размер дыхательной системы пациента, вид патологии. Следовательно, во избежание ошибок в распознавании следует расширить базу дыхательных шумов, принимаемых за эталон и используемых в работы нейронной сети. Такая база данных должна включать в себя как можно большее число разнообразных вариаций всех имеющихся шумов при различных патологиях дыхательной системы. Нарботка этой базы является актуальным вопросом в настоящее время и подлежит детальному рассмотрению.

3. Совместное использование диагностической системы и ингалятора позволит контролировать введение лекарственных средств в дыхательную систему в зависимости от местоположения воспалительного процесса и его интенсивности. В частности, заданные врачом параметры массы лекарственного средства, объёма воздушной смеси, температуры, скорости введения значительно ускорит выздоровление пациентов.

## ВЫВОДЫ

Объединение диагностического и лечебного оборудования позволяет проводить диагностику бронхолегочных заболеваний на ранних стадиях с последующим высокоточным введением лекарственного средства в дыхательную систему для увеличения эффективности борьбы с заболеванием.

1. При реализации система имеет существенные преимущества характеристик:

– Небольшие размеры датчиков предоставляют возможность проводить диагностику пневмоний у новорожденных и детей младшего возраста, дает возможность получать более достоверную информацию, отражающую всю картину обструктивного заболевания легких, уже на первом обследовании позволяет получить достоверный результат без проведения дополнительных исследований.

– Ингалятор сухих лекарственных средств ультразвуковой при реализации показывает высокую точность дозировки и введения воздушной смеси, не мешает дыханию пациента и не приводит к побочным эффектам, вызванных вентиляцией дыхательной системы холодным воздухом.

2. Экспериментальное испытание объединения диагностического и лечебного оборудования позволяет проводить диагностику бронхолегочных заболеваний на ранних стадиях:

– Появилась возможность решить важную проблему контролируемого целенаправленного введения лекарственных препаратов непосредственно к месту локализации воспалительного процесса, что существенно ускорило процесс выздоровления.

3. По результатам проведенных исследований на подопытных животных ультразвуковой ингалятор сухих лекарственных средств рекомендован для использования в исследовательских медицинских учреждениях, в частности в пульмонологии.

## Литература

- [1] Child Health Epidemiology Reference Group of WHO and UNICEF. Global, regional, and national causes of child mortality in 2008: a systematic analysis / R. E. Black, S. Cousens, H. L. Johnson [et al.] // Lancet. – 2010. – № 375. P. 1969–1987.
- [2] Яковлев В. П. Рациональная антимикробная фармакотерапия / В. П. Яковлев, С. В. Яковлев – Руководство. – М.: Литерра, 2003. – 1004 с.
- [3] [Электронный ресурс] / <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ингаляция>.
- [4] Неонатология: национальное руководство – (Серия «Национальные руководства»). / под. ред. Н.Н. Володина. – М.: ГЭОТАР-Медицина, 2009. – 848 с. ISBN 978-5-9704-1177-3
- [5] Подлеснова А. Ф. Ингалятор и небулайзер. Виды ингаляторов и небулайзеров. При каких заболеваниях назначаются? [Электронный ресурс] / Подлеснова А. Ф./ 25 мая 2016 <https://www.tiensmed.ru/news/ingalators1.html>.
- [6] Справочник педиатра / [авт. кол. В. Г. Арсентьев, А. О. Бульгина, Н. В. и др.] 3-е изд. Под ред. заслуженного

- деятеля науки РФ, проф. Н.П. Шабалова. – СПб.: Питер, 2014. – 736 с.
- [7] *Восканян А. Г.* Пневмония. Особенности течения и лечение больных астмой [Электронный ресурс] / Восканян А. Г., Восканян А. А. / Электронный научный журнал «Современные проблемы науки и образования» №6, 2007 (часть 2) С. 20–32 <http://www.science-education.ru/24>
- [8] *Locaphony – new acoustical method of express functional medicine diagnostics* V. Svet, J. Blinkov, S. Nikolaev, V. Murashev XI Session of the Russian Acoustical Society. Moscow, November 19-23, 2001.
- [9] Способ акустического спектрального анализа obstructивных заболеваний легких: пат. РФ №2354285 С1, МПК А61В5/00, А61В5/08 / Гусейнов А. А.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Дагестанская государственная медицинская академия Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию". Заявл. 11.09.07; Оpubл. 10.05.2009 Бюл. №13.
- [10] *Апикова А. Е.* Пассивная эхолокация в диагностике пневмоний у новорожденных и детей младшего возраста / А. Е. Апикова // Прикладная радиоэлектроника. – 2016. – Том 15, №1. – С. 39–43.
- [11] Пат. №99946 Украина МПК А61В5/08, А61В5/0205, А61В7/04, Н04R1/46 Устройство для диагностики пневмоний / Апикова А. Е., Федотов Д. Н., Яновская Е. О.; собственник Харьковский национальный университет радиоэлектроники – № u 201501461 заяв. 19.02.15 Оpubл. 25.06.2015 Бюл. №12.
- [12] ADMP801 Hearing Aid Omnidirectional MEMS Microphone [Электронный ресурс] / <http://www.meddeviceonline.com/doc/admp-hearing-aid-omnidirectional-mems-microphone-0001>.
- [13] *Манджони С.* Секреты клинической диагностики. Пер. с англ. М.: «Издательство БИНОМ», 2004. – 608 с., ил.
- [14] *Вовк И. В.* Проблемы регистрации и классификации шумов дыхания человека / И. В. Вовк, В. Т. Гринченко, Л. Г. Красный, А. П. Макаренко // Акустический журнал, 1994, Том 40, №1. – С. 50–60.
- [15] *Катилов А. В.* Дискуссионные вопросы методики оценки аускультации лёгких у детей / А. В. Катилов, С. В. Зайков, Д. В. Дмитриев // Дитячий лікар, 2011, №5(12). – С. 19–26.
- [16] *Басараб М. А., Зелкин Е. Г., Кравченко В. Ф., Яковлев В. П.* Цифровая обработка сигналов на основе теоремы Уиттекера-Котельникова-Шеннона. — М.: Радиотехника, 2004.
- [17] *Emergency Medical Help* [Электронный ресурс]: Аускультация легёвнв <http://www.emhelp.ru/>
- [18] *Апикова А. Е.* Нейронная сеть в распознавании хрипов дыхательного паттерна / А.Е.Апикова // Вимрювальна та обчислювальна техніка, 2016, №2 (55), с. 141–145.
- [19] *Гребнев А. Л.* Пропедевтика внутренних болезней / А. Л. Гребнев // Учебник. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 2001. – 592 с.
- [20] *Лис М. А.* Пропедевтика внутренних болезней / М. А. Лис, Ю. Т. Солоненко, К. Н. Соколов // Учебное пособие для студентов лечебного факультета.
- [21] Пат. №49430 Украина МПК А61М 15/00 (2013.01) Ингалятор сухих лекарственных средств ультразвуковой / Апикова А. Е., Стороженко Е. В., Федотов Д. А.; собственник Харьковский национальный университет радиоэлектроники – № u201307740 заяв. 18.06.2013 Оpubл. 27.01.2014. Бюл. №2.
- [22] *Макарова О. В. и др.* Экспериментальная модель неинфекционного гранулематоза легких // Пульмонология. – 1996. – №. 1. – С. 76–79.
- [23] *Денисова М. Ф., Нікітіна Н. С., Дзюба І. П. та ін.* Доклінічне вивчення нешкідливості лікарських засобів, призначених для застосування в педіатрії: Метод. рекомендації. – К.: Державний фармакологічний центр МОЗ України, 2002. – 27 с.
- [24] *Стороженко Е. В., Наумова О. В., Вягинцева Т. В.* Влияние комбинированного препарата Амкесол на морфологическое состояние легочной ткани при экспериментальном бронхоальвеолите // Фундаментальные исследования. – 2014. – №. 11.
- [25] *Стороженко К. В.* Влияние сиропа "Амкесол" на уровень продукции провоспалительных цитокинов при экспериментальном воспалении // Фармацевтический журнал. – 2012. – №. 1. – С. 73–79.

Поступила в редколлегию 07.09.2018



**Апикова Алла Евгеньевна**, лаборант кафедры пропедевтики педиатрии №2 Харьковского национального медицинского университета. Область научных интересов – проектирование медицинской электроники и её применение в педиатрии.

**Федотов Дмитрий Алексеевич**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник НИИ ф-та Вооружения и военной техники Военного института танковых войск НТУ «ХПИ». Область научных интересов – схемотехника и электроника, электронные приборы и устройства в медицине.

УДК 615.032.23 / 57.087.1

**Апикова А. Е. Контроль інгаляторного лікування пневмоній за методом пасивної ехолокації дихальної системи** / А. Е. Апикова, Д. О. Федотов // Прикладна радіоелектроніка: наук. – техн. журнал. – 2019. – Том 18, №. 1, 2. – С. 73–79.

У статті дається приклад поєднання системи для реалізації способу діагностики пневмонії, методом пасивної ехолокації і ультразвукового інгалятора для введення сухих лікарських засобів в дихальну систему пацієнта, з метою контролю за проведенням лікувальних процедур і подальшого відстеження прогресу лікування. Контроль здійснюється завдяки прослуховуванню, ідентифікації та виявлення місця положення джерел патологічних шумів у дихальній системі і подальшої корекції напрямку, кількості і сили введення повітряної суміші в дихальні шляхи відповідно до даних діагностики.

*Ключові слова:* пневмонія, ультразвуковий інгалятор, пасивна ехолокація, аускультация, вентиляторасоційована пневмонія.

Табл.: 01. Іл.: 07. Бібліогр.: 25 найм.

UDK 615.032.23 / 57.087.1

Апикова А. Е. **The control of inhalation medication of pneumonia by passive echolocation method of the respiratory system** / А. Е. Apikova, D. O. Fedotov // Applied Radio Electronics: Sci. Journ. – 2019. – Vol. 18, № 1, 2. – P. 73–79.

The article presents an example of combining the system for implementing a method of diagnosing pneumonia by means

of passive echolocation and an ultrasound inhaler in order to dispense dry medicines into the respiratory system which aims at controlling the treatment procedure and, furthermore, supervising its progress. The control is exercised by auditioning, identifying and finding the localities of the sources of pathological noise in the respiratory system and by the further correcting the direction, quantity and force of applying an air mixture in the respiratory tract in accordance with diagnostics data.

*Keywords:* pneumonia, ultrasonic inhaler, passive echolocation, auscultation, ventilation associated pneumonia.

Tab.: 01. Fig.: 07. Ref.: 25 items.