

7. Корневский Н.А., Ионеску Ф., Кузьмин А.А., Касабех Аль-Р.Т. Синтез комбинированных нечетких решающих правил для медицинских приложений с использованием методов разведочного анализа // Биомедицинская радиоэлектроника. 2009. № 5. С. 65-75.
8. Корневский Н.А., Горбатенко С.А., Крупчатников Р.А., Лукашов М.И. Проектирование нечетких сетевых баз знаний для медицинских систем поддержки принятия решений // Медицинская техника. 2009. № 4. С. 38-42.

*Николай Алексеевич Корневский,
д-р техн. наук, профессор,
зав. кафедрой биомедицинской инженерии,
ФГБОУ ВПО «Юго-Западный
государственный университет»,
г. Курск,*

*Валентина Викторовна Дмитриева,
канд. техн. наук, ст. преподаватель,
кафедра электрофизических установок,
Национальный исследовательский ядерный
университет «МИФИ»,
г. Москва,
Вадим Владимирович Серебровский,
д-р техн. наук, профессор,
зав. кафедрой программной инженерии,
Ирина Игоревна Хрипина,
студентка 5-го курса,
ФГБОУ ВПО «Юго-Западный
государственный университет»,
г. Курск,
e-mail: kstu-bmi@yandex.ru*

*Н.Е. Курносков, А.Н. Митрошин, И.И. Артемов,
К.В. Лебединский, А.А. Николотов, А.А. Земцов*

Трахеобронхиальный небулайзер нового поколения

Аннотация

Описана проблемная область использования ингаляторов-небулайзеров. Сделан сравнительный анализ разрабатываемого медицинского изделия с аналогами. Приведены конструктивно-технические, технологические, дизайнерские решения для создания устройства нового поколения. Представлены результаты полученных технических характеристик устройства. По результатам экспериментальных исследований и конструкторско-технологических решений разработан медицинский прибор – небулайзер трахеобронхиальный «DIVO».

При заболеваниях дыхательной системы (bronхиальная астма, хроническая обструктивная болезнь легких и др.) основной способ введения лекарственных препаратов – ингаляция медицинских аэрозолей. Ингаляционные устройства представляются наиболее логичными и эффективными, так как лекарственный препарат непосредственно направляется к тому месту, где он должен действовать – к различным участкам дыхательной системы [1].

Большинство небулайзеров для аэрозольной терапии доставляют препараты только в дыхательные пути, но не в паренхиму [2]. Обычный небулайзер образует факел с размером частиц в нем около 5 мкм, однако, чтобы достичь легких, оптимальный размер частиц должен составлять около 3 мкм. Обычные небулайзеры не способны генерировать частицы такого размера [3].

Условно распределение частиц аэрозоля в дыхательных путях в зависимости от их размера можно представить следующим образом [1]:

- 5...10 мкм – осаждение в ротоглотке, гортани и трахее;
- 2...5 мкм – осаждение в нижних дыхательных путях;
- 0,5...2 мкм – осаждение в альвеолах;
- менее 0,5 мкм – нет осаждения.

Из приведенного следует, что для достижения наибольшего эффекта от лечения для каждого отдела дыхательных путей необходим небулайзер со своим диапазоном распределения частиц аэрозоля, но реализация этого принципа в одном устройстве, без смены небулайзерной камеры, не осуществлена. В рамках федеральной целевой программы «Развитие фармацевтической и ме-

дицинской промышленности Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» проведена работа по созданию отечественного трахеобронхиального небулайзера, позволяющего изменять диапазон распределения частиц аэрозоля без смены небулайзерной камеры.

Сравнительный анализ представленных на рынке устройств (табл. 1) показал, что для получения высокоэффективного и конкурентоспособного прибора необходимо, чтобы он мог обеспечивать следующие возможности:

- 1) получение одним прибором аэрозолей с различным распределением частиц;
- 2) получение аэрозолей ароматических масел для проведения сеансов ароматерапии;
- 3) получение аэрозолей из растворов лекарственных средств, содержащих твердые взвешенные частицы;
- 4) распыление порошкообразных лекарственных препаратов.

Основной вклад в достижение полученных характеристик небулайзера «DIVO» вносят, во-первых, оригинальная конструкция небулайзерной камеры, которая позволяет получать распределение размеров частиц аэрозоля в следующих диапазонах: 1 диапазон: 30...5 мкм; 2 диапазон: 5...2 мкм; 3 диапазон: 2...0,5 мкм; во-вторых, программно-аппаратный комплекс, позволяющий в зависимости от исполнения (стационарное или портативное) выполнять настройку параметров работы небулайзера (сохранять, открывать и редактировать профиль пациента).

В зависимости от данных профиля можно осуществлять работу по заданному алгоритму, изменяя следующие параметры:

- выбирать тип лекарства из трех вариантов: «Жидкость», «Масло» и «Порошок»;
- выбирать параметры аэрозоля по дисперсности из трех вариантов: «Крупная» (размер частиц более 15 мкм), «Средняя» (размер частиц от 5 до 15 мкм) и «Мелкая» (размер частиц менее 5 мкм);
- выбирать возрастные параметры пациента из двух вариантов: «Взрослый» и «Ребенок»;
- включать режим «Контроль дыхания», тем самым активируя работу небулайзера по частоте и интенсивности дыхания;
- задавать время процедуры и останавливать работу небулайзера по истечении времени.

Прибор позволяет отображать на рабочей области программы или дисплея при программировании и работе информацию следующего характера: выбранные режимы работы, тип лекарства, параметры аэрозоля, температура аэрозоля, возрастные параметры пациента, включение функции «Контроль дыхания», время процедуры.

При ручном управлении перечисленные функции могут быть выполнены без соблюдения алгоритма, в произвольной комбинации.

Кроме перечисленных уникальных возможностей, инновационность конструкции небулайзера «DIVO» заключается в возможности получения аэрозоля ароматических масел, аэрозоля из растворов лекарственных препаратов, содержащих твердые взвешенные частицы, и возможности распыления порошкообразных лекарственных препаратов одной и той же небулайзерной камерой.

В настоящее время существуют два исполнения небулайзера: стационарное, предназначенное для использования в физиотерапевтических кабинетах и позволяющее осуществлять централизованное управление группой небулайзеров по индивидуальным алгоритмам в соответствии с профилем пациента, и портативное, предназначенное для использования в домашних условиях или в условиях стационара для больных с ограниченной подвижностью.

Портативная версия не поддерживает функцию работы по алгоритму, прописанному в профиле пациента, но позволяет программировать вышеописанные функции кнопками управления.

В рамках проведения всего комплекса работ по созданию небулайзера трахеобронхиального «DIVO» получены следующие характеристики (табл. 2).

Таблица 2
Технические характеристики небулайзера «DIVO»

Наименование параметра	Значение
Масса, кг	1,9
Габариты, мм	202 x 200 x 205
Потребляемая мощность, Вт	150
Производительность компрессора, л/мин	2,0
Уровень звуковой мощности, дБ	58
Диапазоны размеров частиц аэрозоля:	
1 диапазон: 30...5 мкм, %	94
2 диапазон: 5...2 мкм, %	87
3 диапазон: 2...0,5 мкм, %	82
Остаточный объем лекарства, мл	0,03
Мощность выхода аэрозоля, мл/мин	1,0
Объем камеры лекарственных средств, мл	16
Время непрерывной работы, мин, не более	20

Учитывая неизбежность конкуренции с крупными иностранными производителями, особое внимание при разработке небулайзера «DIVO» мы уделили внешнему виду прибора. После рассмотрения более десятка вариантов дизайна и проведения социологического опроса в качестве окончательных были выбраны решения, представленные на рис. 1.



Рис. 1. Варианты дизайна небулайзера трахеобронхиального «DIVO»: а) взрослый вариант; б) детский вариант

В результате проведенных работ был разработан отечественный небулайзер с возможностью изменения диапазона распределения размеров частиц для достижения наибольшего эффекта от лечения каждого из отделов дыхательной системы в комплектации:

Таблица 1

Данные сравнения основных характеристик небулайзера «DIVO» с аналогами

Наименование	Мощность (выход аэрозоля), мл/мин	Уровень шума, дБ	Объем камеры лекарственных средств, мл	Количество частиц аэрозоля диаметром менее 5 мкм, %	Остаточный объем лекарства, мл	Вес прибора, кг	Возможность распыления растворов, содержащих эфирные и др. масла	Возможность распыления суспензий и растворов, содержащих взвешенные частицы	Возможность распыления порошкообразных лекарственных препаратов
DIVO	1,0	58	16	87	0,03	1,9	Есть	Есть	Есть
Comp AIR Elite C30	0,35	53	2...7	74	0,7	0,44	Нет	Нет	Нет
Comp AIR Pro C29	0,4	60	2...7	74	0,7	2,3	Нет	Нет	Нет
Comp AIR C28	0,4	60	2...7	76	0,7	1,9	Нет	Нет	Нет
Comp AIR C24	0,3	46	2...7	70	0,7	0,27	Нет	Нет	Нет

- 1) небулайзер трахеобронхиальный «DIVO I»:
 - компрессорный блок с сетевым шнуром – 1 шт.;
 - программное обеспечение – 1 шт.;
 - небулайзерная камера – 1 шт.;
- 2) небулайзер трахеобронхиальный «DIVO II»:
 - компрессорный блок с сетевым шнуром – 1 шт.;
 - небулайзерная камера – 1 шт.

Принадлежности:

- маска взрослая – 1 шт.;
- маска детская – 1 шт.;
- насадка для носа – 1 шт.;
- загубник – 1 шт.;
- соединительная трубка – 1 шт.;
- воздушный фильтр – 4 шт.

В комплект поставки входят инструкция по эксплуатации с гарантийным талоном, сумка для хранения и транспортировки.



Рис. 2. Небулайзер трахеобронхиальный «DIVO»

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Развитие фармацевтической и медицинской промышленности Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», государственный контракт № 12411.1008799.13.031 от 5 мая 2012 г. «Разработка технологии и организация производства небулайзера трахеобронхиального с дыхательной трубкой и детской маской», шифр «3.3-Небулайзер».

Список литературы:

1. *Авдеев С.Н.* Устройства доставки ингаляционных препаратов, используемые при терапии заболеваний дыхательных путей // Русский медицинский журнал. 2002. № 10 (5). С. 255-261.
2. *Белобородов В.Б.* Пневмония, связанная с искусственной вентиляцией легких: новые аспекты аэрозольной доставки антибиотиков // CONSILIUM MEDICUM. Болезни органов дыхания. 2014. № 1.
3. *Miller D.D., Amin M.M., Palmer L.B. et al.* Aerosol delivery and modern mechanical ventilation: In vitro/in vivo evaluation // Am. J. Respir. Crit. Care Med. 2003. Vol. 168. PP. 1205-1209.

Николай Ефимович Курносков,

д-р. техн. наук, профессор,

гл. научный сотрудник,

НИИ ФиПИ ПГУ,

Александр Николаевич Митрошин,

д-р. мед. наук, профессор,

директор Медицинского института ПГУ,

Игорь Иосифович Артемов,

д-р. техн. наук, профессор,

проректор по научной работе

и инновационной деятельности,

Константин Валерьевич Лебединский,

канд. техн. наук, доцент,

ст. научный сотрудник,

Андрей Александрович Николотов,

научный сотрудник,

НИИ ФиПИ ПГУ,

Андрей Александрович Земцов,

научный сотрудник,

НИИ ФиПИ,

ФГБОУ ВПО ПГУ,

г. Пенза,

e-mail: ttmo-pgu@mail.ru

А.С. Пугачук, А.В. Чернышев

Исследование неравномерности рабочих процессов в установках для подготовки проб ДНК

Аннотация

Данная статья посвящена изучению рабочего процесса течения раствора, содержащего различные органические структуры, через ячейки с порошком адсорбента, используемые для выделения молекул ДНК в установках пробоподготовки. Особое внимание уделяется экспериментальному и расчетно-теоретическому исследованию неравномерности течения рабочей среды через пористые тела в ячейках. Разработана математическая модель исследуемого процесса: модель течения рабочей среды через ячейку с пористым телом под действием перепада давления.

Введение

Широкое распространение в клинической лабораторной диагностике и научных исследованиях получил метод множественного копирования нуклеотидных последовательностей – полимеразная цепная реакция (ПЦР) [1]. Данный метод успешно применяется в медицинской диагностике, судебно-медицинской экспертизе, эволюционной биологии, генетической инженерии, генотипировании и других областях деятельности, в которых требуется проводить анализ присутствия в исследуемом образ-

це определенных биологических структур. Метод ПЦР имеет высокую чувствительность и производительность, однако для его качественного применения требуется иметь высокоочищенный от примесей исходный раствор исследуемого образца. Помимо целевой молекулярной структуры, количественное содержание которой в растворе необходимо увеличить, в нем имеются белковые соединения инородного происхождения. Такие примеси являются ингибиторами ПЦР и, следовательно, крайне негативно сказываются на результатах молекулярных исследований, так как могут привести к ложноотрица-