

# Метрологія та вимірювальна техніка

УДК 615.47

Я.В. Носова, О.Г. Аврунин, В.В. Семенец

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ОЛЬФАКТОМЕТРИЧЕСКОЙ НАСАДКИ

*Предлагается конструкция ольфактометрической насадки на риноманометр типа ТНДА-ПРХ для проведения оценки степени нарушения обоняния, с помощью которой будет возможно проведение тестирования респираторно-обонятельных нарушений на доказательном уровне за счет количественного определения аэродинамических характеристик носового дыхания.*

**Ключевые слова:** обоняние, риноманометр, ольфактометрия, одорант, тестирование респираторное.

### Введение

По частоте встречаемости расстройств обоняния, вызванных заболеваниями верхних дыхательных путей, респираторно-обонятельные нарушения (кондуктивные дизосмии) составляют до 72 % от общего числа дизосмий [1]. Этот самый распространенный вид риногенной дизосмии вызывается изменениями конфигурации полости носа, препятствующими доступу пахучих веществ в обонятельную область [1]. Обонятельная дисфункция различной степени наблюдается при таких заболеваниях как: острые и аллергические риниты, синуситы, аденоидиты, опухоли носа и околоносовых пазух, инфекционные гранулемы. Практически при всех заболеваниях полости носа, протекающих с обструкцией её просвета, которая препятствует поступлению воздушной струи с одоривекторами к обонятельному эпителию, страдает обонятельная функция. Обонятельные стимулы даже в малых концентрациях запускают различные поведенческие реакции, способствующие ориентировке в окружающей среде, определению потенциальной опасности, возможности испытывать наслаждение или отвращение. Доказано, что с обонятельной функцией также связано материнское поведение и выбор полового партнера [2].

**Постановка задачи.** Сложность исследований обонятельной функции заключается в отсутствии доказательных методов диагностики дизосмий. Существующие диагностические подходы основаны, в большей мере, на качественном определении обонятельной чувствительности. Исходя из этого, целесообразным является разработка инструментального доказательного метода диагностики, позволяющего изучить риноманометрические показатели носового дыхания при действии различных одоривекторов.

Поэтому целью работы является разработка и исследование одоривекторной насадки к риноманометру, использование которой позволило бы изучать аэродинамические характеристики носового дыхания при дозированной подаче одорантов в воздушный тракт риноманометра и, в свою очередь, способствовало бы объективизации диагностики респираторно-обонятельных нарушений.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Для диагностики нарушений функции обонятельного анализатора используются различные методики. Наиболее популярные: обонятельный идентификационный тест университета Пенсильвании (США), обонятельный тест с использованием аромодисков (Швейцария), обонятельный тест Барселона (Испания), Сниффинг Стикс-тест (США, Германия) [3–4].

Общим недостатком этих методов тестирования обоняния, является то, что часто запахи, используемые для идентификации в одной стране, не знакомы жителям другой страны, а также то, что заключение о состоянии обонятельного анализатора делается на основании субъективных свидетельств обследуемых. Следовательно, результаты тестирования обонятельной функции не могут быть строго формализованными. Для повышения объективности исследований обоняния применяют специальное оборудование, с помощью которого пытаются минимизировать искажение данных, например, выветривание одоранта.

В Японии при исследовании обоняния широко применяется так называемый обонятельный дисплей [5], который основан на методе, используемом в струйном принтере. Струя разбивается на капли через небольшие отверстия в резервуаре для чернил. В дисплее можно устанавливать насадку для разбрызгивания одоранта. Эта насадка может содер-

жать три небольших резервуара и один большой (4 вида ароматов). Таким образом, импульсный выброс заданного запаха способен свести к минимуму выветривание одоранта. Алгоритм измерения использует двоичный поиск. Итак, можно измерить значение порога обнаружения в целом при 192 уровнях сравнения с помощью изменения числа одновременных впрыскиваний и времени впрыска. То есть результат измерения представляет собой количественную оценку порога обнаружения. При необходимости экспресс оценки применяют портативные приборы, такие как ручной обонятельный тестер [6], который представляет собой полый удлиненный корпус с отверстием на переднем конце. Камера одоранта, расположенная внутри корпуса, перемещается в осевом направлении и может принимать два положения переднее и заднее. Фитиль пролегает от камеры для одоранта вперед в сопло, выполненное на переднем конце камеры. Крепление для большого пальца, расположенное снаружи корпуса, позволяет перемещать камеру и сопло в направлении прямо. Передний конец фитиля, выдвигается наружу через отверстие, при перемещении вперед, так что пациент может вдохнуть пары одоранта. Уплотнительные кольца закрывают форсунку снаружи, когда она находится в заднем положении, чтобы предотвратить выветривание одоранта [6].

Весьма популярными являются приборы для изучения обоняния (ольфактометры), которые построены по принципу вдувания запаха в полость носа. Например, ольфактометр [7] с помощью запорного клапана обеспечивает импульсную подачу пахучего вещества в нос, что позволяет достичь максимальной концентрации пороговых объемов компонента и при этом поддерживать постоянную концентрацию одоранта. Порогом восприятия при этом считается минимальная концентрация пахучего вещества, вызывающая у обследуемого пороговую реакцию зрачка, а порог идентификации – минимальная концентрация пахучего вещества, при которой пациент может охарактеризовать запах [7].

Также для диагностики нарушений функции обонятельного анализатора применяют медицинскую визуализацию [8] и дополнительные электрофизиологические методы, такие как кожно-гальваническая реакция, электрокардиография, электроэнцефалография, пневмография, регистрация фонового уровня параметров зрачковой реакции в ответ на световой сигнал (пупилография) и другие [8–9]. Однако применение этих методов занимает большое количество времени и сложной аппаратуры, что ограничивает их применение в практической ринологии, а главное, в конечном счете, сводится к субъективной оценке реакции на подаваемый одорант. Поэтому, актуальность разработки подходов,

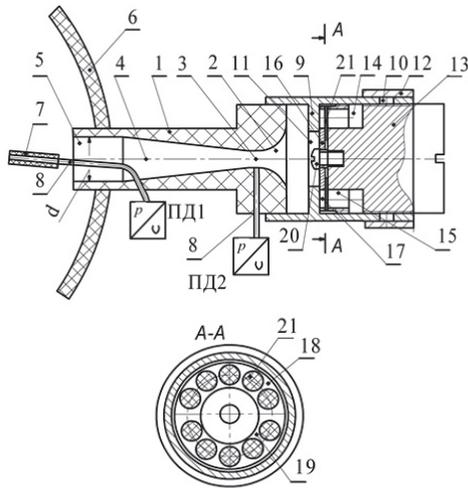
повышающих объективизацию ольфактометрических исследований, остается высокой.

## Изложение основного материала

При риноманометрических исследованиях изучается зависимость перепада давления от расхода воздуха через носовую полость при дыхании [10]. Размещение одоривектора в воздушном тракте риноманометра позволяет оценить параметры воздушного потока при вдыхании соответствующих ароматических веществ. Поэтому для объективной диагностики нарушений функции обонятельного анализатора на кафедре биомедицинской инженерии Харьковского национального университета радиозлектроники в рамках сотрудничества с кафедрой оториноларингологии Харьковского национального медицинского университета была разработана конструкция одоривекторной насадки к риноманометру типа ТНДА-ПРХ [10].

Насадка (рис. 1) состоит из корпуса 1, в котором выполнены соосно отверстия 2 (конфузор), цилиндрическое 3 малого диаметра, диффузор 4 и цилиндрическое 5 диаметром  $d$ , гидравлическое сопротивление типа «сопло Вентури» для измерения расхода при дыхании пациента. Маска 6 служит для герметизации ротовой и носовых полостей пациента при проведении обследования, причем отверстие 5 сообщено с носовыми полостями посредством пространства между маской и лицом, а мундштук 7 на трубке 8 вставляется в рот пациента. Для измерения давления служат соответствующие преобразователи: ПД1 для измерения давления в ротовой полости; ПД2 – для измерения давления в цилиндрическом отверстии 3 сопла Вентури для последующего расчета расхода, которые сообщены с помощью трубопроводов с соответствующими измеряемыми участками. На корпусе 1 установлен цилиндрический переходник 9, в котором выполнены радиальные отверстия. В нерабочем положении устройства отверстия 10 уплотняются от сообщения с внешней средой с помощью цилиндрической обоймы 12. Втулка 13 имеет наружную резьбу, совпадающую с внутренней резьбой переходника 9, кольцевой коллектор 14 и осевые отверстия 15, выходящие на торцевую поверхность втулки и сообщенные с кольцевым коллектором 14. Шайба 16 с осевыми отверстиями 17 и уплотнительными поясками наружным 19 и внутренним 18 зажимается винтом 20 к торцу втулки 13, фиксируя в неподвижном положении чувствительный элемент 21, представляющий собой, например, марлевую цилиндрическую кольцевую прокладку. В нерабочем положении устройства, втулка 13 заворачивается в переходник 9 и посредством шайбы 16 герметизирует чувствительный элемент 21.

При подготовке устройства к работе накладывают чувствительный элемент 21, например, кольцо из марли после предварительной пропитки раствором специфического запаха (при стандартных условиях), на торец втулки 13, устанавливают шайбу 16 таким образом, что бы оси отверстий 15 и 17 совпадали, и прижимают шайбу 16 втулке 13 с помощью винта 20. Далее заворачивают втулку 13 в переходник 9 до упора.



- 1 – корпус; 2 – сопло Вентури; 3-5 – отверстия сопла Вентури; 6 – маска; 7 – мундштук; 8 – трубка;
- 9 – цилиндрический переходник; 10 – радиальное отверстие; 11 – фланец с внутренним отверстием;
- 12 – цилиндрическая обойма; 13 – втулка;
- 14 – кольцевой коллектор; 15 – осевые отверстия втулки; 16 – шайба; 17 – осевые отверстия шайбы;
- 18 – внутренний уплотнительный пояс;
- 19 – наружный уплотнительный пояс; 20 – винт;
- 21 – одоривектор

Рис. 1. Общий вид одоривекторной насадки:  
а – в рабочем положении;  
б – в сечении по линии А-А

При обследовании пациента обойму 12 демонтируют с переходника 9 и вывинчивают втулку 13 из переходника 9 на расстояние  $\Delta L$  до совпадения радиальных отверстий 10 с кольцевым коллектором 14. При этом обеспечивается сообщение радиальных отверстий 10 с кольцевым коллектором 14 и осевыми отверстиями 15 во втулке, в шайбе 16 переходника 2 и корпуса 1 сопла Вентури. При дыхании пациента воздух проходит последовательно через радиальные отверстия 10, кольцевой коллектор 14 и осевые отверстия 15 во втулке, через чувствительный элемент 21, осевые отверстия 17 в шайбе 16, кольцевое отверстие 11 в переходнике 9 к отверстию 2 сопла Вентури и далее через отверстия 3, 4, 5 к носовым полостям пациента.

Опытный образец устройства проходит предварительные клинические испытания в оториноларингологическом отделении Харьковской област-

ной клинической больницы. При этом величины порогов ощущения  $T_S$  и распознавания  $T_R$  запахов при воздействии различных одоривекторов можно определять по значениям показателей аэродинамического носового сопротивления  $R$  и пневматической мощности дыхания  $N$  согласно формулам.

$$T_R = f(R, N); \quad T_S = f(R, N), \quad (1)$$

причем

$$R = \frac{\Delta p}{Q}; \quad N = \Delta p \cdot Q, \quad (2)$$

где  $Q$  – расход воздуха (л/с),  $\Delta p$  – перепад давления, (Па). При нарушениях обоняния величины порогов ощущения и распознавания увеличиваются и их значения существенно зависят от типа и выбранных концентраций пахучих веществ. Внешний вид опытного образца одоривекторной насадки для риноманометра типа ТНДА-ПРХ представлен на рис. 2.

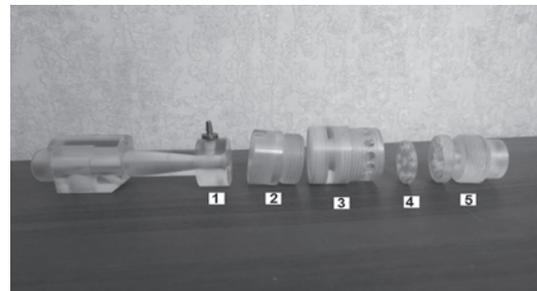


Рис. 2. Опытный образец одоривекторной насадки:  
1 – сопло Вентури; 2 – цилиндрический переходник;  
3 – цилиндрическая обойма; 4 – шайба; 5 – втулка

Пневматическая мощность носового дыхания при соответствующей концентрации ольфакторного вещества, ощущаемого или распознаваемого обследуемым, принимается за порог ощущения или идентификации пахучего вещества, соответственно, и рассчитывается по измеряемым ринометрическим данным (перепаду давления и расходу воздуха в носовой полости). Конструкция одоривекторной насадки, помимо контейнера для размещения пахучего вещества, должна предусматривать возможность регулировки потока воздуха. Причем, для того, чтобы одоривекторная насадка не создавала дополнительного аэродинамического сопротивления, суммарная площадь входных отверстий-воздуховодов должна на порядок превосходить площадь входного отверстия сопла Вентури. При типичных диаметрах расходомеров Вентури для ринометрических измерений в пределах от 6 до 9 мм и соответствующем коэффициенте потерь давления в диапазоне  $1,8 \div 0,2$  [11], суммарная площадь входных воздушных отверстий одоривекторной насадки должна составлять не менее  $400-600 \text{ мм}^2$ , соответственно, что будет соответствовать на порядок меньшим значениям коэффициента потерь давления.

## Выводы

Использование разработанной конструкции одоривекторной насадки для риноманометра позволяет объективно на основе измеряемых количественных показателей носового дыхания (перепад давления и расход воздуха в носовой полости) оценить нарушение обонятельной функции в зависимости от влияния различных одоривекторов. Энергия дыхания при соответствующей процентной концентрации ольфакторного вещества, ощущаемого или распознаваемого обследуемым, принимается за порог ощущения или идентификации пахучего вещества и рассчитывается на основании аэродинамических характеристик носового дыхания. Перспективной работой является выбор концентраций пахучих веществ, для дифференциальной диагностики нарушений чувствительности обонятельного анализатора на доказательном уровне, а также контроль уровня влажности одоривектора с помощью гигрометра.

## Список литературы

1. Смбалян А.С. Диагностика обонятельного анализатора у пациентов с атрофическим ринитом / А.С. Смбалян, С.Г. Вахрушев // *Российская оториноларингология*. – 2016. – № 1. – С. 88-93.
2. Майоров В.А. Запахи: их восприятие, воздействие, устранение / В.А. Майоров. – М.: Мир, 2006. – 366 с.
3. Лопатин А.С. Современные методы исследования обонятельного анализатора. Динамика функции обоняния у пациентов с полипозным риносинуситом / А.С. Лопатин // *Актуальные проблемы клинической оториноларингологии*. – 2014. – С. 55-59.
4. *Diagnostic tools in Rhinology EAACI position paper* / G. Scadding, P. Hellings, I. Alobid, C. Bachert, W. Fokkens et al. // *Clinical and Translational Allergy*. – 2011. – 1:2. – P. 1-39.

5. Fukasawa A. *Olfactory Measurement Method at Health checkup with Olfactory Display using Pulse Ejection* / Aya Fukasawa, Kenichi Okada // *International Journal of Informatics Society*. – 2013. – 5. – P. 13-19.

6. Пат. US20160095544 A1, US 14/783,510 *Hand held smell test* / ; заявник та патенто власник *Sensonics Inc.* – PCT/US2014/032449; заявл. 1.04.2014; опубл. 7.04.2016.

7. Патент на полезную модель 51483 *Российская федерация МПКА61В19/00 (2006.01)* / Г.Н. Борисенко, И.Б. Анготоева, С.М. Борисенко; заявитель и патентообладатель ГОУ ДПО РМАПО Росздрава. – 2005120495/22 заявл. 01.07.2005; опубл. 27.02.2006.

8. Kim W.S. *The Current Status of Evaluation Technologies for the Function of Human Olfaction* / W.S. Kim, D.P. Jang, In Y. Kim // *Hanyang Med Rev.* – 2014. – № 3 4. – P. 120-124.

9. Avrunin O., Shushlyapina N., Nosova Y., Bogdan O. *Olfactometry diagnostic at the modern stage*. *Bulletin of NTU «KhPI»*. Series: *New solutions in modern technologies*. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2016. – 12 (1184), P. 95-100.

10. Аврунин О.Г. Обоснование основных медико-технических требований для проектирования многофункционального риноманометра / О.Г. Аврунин, А.И. Бых, В.В. Семенец // *Функциональная компонентная база микро-, опто- и наноэлектроники: сб. науч. тр. III Междунар. науч. конф., 28 сент. – 2 окт. 2010 г. – X; Кацивели: ХНУРЭ, 2010. – С. 280-281.*

11. Аврунин О.Г. *Возможности определения давления в подмасочном пространстве при риноманометрии* / О.Г. Аврунин, Х.И. Фарук, Т.С. Кононенко // *Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ»: зб. наук. пр. Темат. вип.: Нові рішення в сучасних технологіях*. – X.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 25 (1197). – С. 17-22.

Поступила в редколлегию 30.03.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. А.В. Кипенский, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков

## РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ОЛЬФАКТОМЕТРИЧНОЇ НАСАДКИ

Я.В. Носова, О.Г. Аврунін, В.В.Семенець

Пропонується конструкція ольфактометричної насадки на риноманометр типу ТНДА-ПРХ для проведення оцінки ступеня порушення нюху, за допомогою якої буде можливо проведення тестування респіраторно-нюхових порушень на доказовому рівні за рахунок кількісного визначення аеродинамічних характеристик носового дихання.

**Ключові слова:** нюх, риноманометр, ольфактометрія, одорант, тестування респіраторне.

## DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF THE OLFACTOMETRIC APPARATUS

Y. Nosova, O. Avrunin, V. Semenets

The design of the olfactometric attachment to the rhinomanometer of the TNDA-PRH type is proposed for assessing the degree of olfactory impairment, with the help of which it will be possible to test the respiratory-olfactory disturbances at the evidentiary level by quantifying the aerodynamic characteristics of nasal breathing.

**Keywords:** olfactory, rhinomanometer, olfactometry, odorant, respiratory testing.