

## НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ В ПРИМЕНЕНИИ ОТОСКОПОВ. ОБЗОР ПАТЕНТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

А.П. Якушенкова<sup>1,2\*</sup>, З.Э. Войцеховская<sup>3</sup>, А.М. Шпикалов<sup>3</sup>, С.Э. Фариков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Клиническая больница» УД Президента РФ, Москва,

<sup>2</sup>ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» УД Президента РФ, Москва,

<sup>3</sup>ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности», Москва

## NEW OPPORTUNITIES IN THE APPLICATION OF OTOSCOPES. A REVIEW OF PATENT DOCUMENTATION

A.P. Yakushenkova<sup>1,2\*</sup>, Z.E. Voytsekhovskaya<sup>3</sup>, A.M. Shpikalov<sup>3</sup>, S.E. Farikov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Clinical Hospital of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia,

<sup>2</sup>Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia,

<sup>3</sup>Federal Institute of Industrial Property, Moscow, Russia

E-mail: annayakushenkova@yandex.ru

### Аннотация

На основе патентной информации в обзорной статье приведены сведения, касающиеся современных тенденций развития отоскопов. Авторами рассмотрены документы современных средств получения, реконструкции и анализа изображений. Использование их обеспечивает расширение возможностей диагностики болезней уха, проведения хирургических вмешательств. Кроме того, появляется возможность использовать отоскопы в комплексе с другими диагностическими устройствами и современными средствами документирования и обработки информации.

**Ключевые слова:** отоскоп, болезни уха, отоскопия.

### Abstract

In this review, the authors present the patent information on current trends in otoscope development. They also discuss modern instruments for obtaining, reconstructing and analyzing images. Application of these modern instruments improves diagnostics and surgical interventions in patients with ear diseases. Moreover, modern otoscopes can be attached to other diagnostic devices and modern means of information documenting and processing.

**Key words:** otoscope, ear diseases, otoscopy.

*Ссылка для цитирования: Якушенкова А.П., Войцеховская З.Э., Шпикалов А.М., Фариков С.Э. Новые возможности в применении отоскопов. Обзор патентной документации. Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2020; 4: 78–82.*

Qui bene diagnostic — bene curat (Кто хорошо диагностирует — хорошо лечит). Это хорошо знакомая всем медикам древняя пословица особенно актуальна, когда речь идет об исследовании труднодоступных зон человеческого тела. Возможность увидеть барабанную перепонку человека и оценить ее состояние всегда вызывает интерес исследователя. Искусство диагностики постоянно совершенствуется соразмерно научному прогрессу. Сегодня, являясь по существу отдельным видом эндоскопов, отоскопы прочно вошли в практику врачей, уже и не только оториноларингологов. Педиатры и врачи общей практики также используют их. В настоящее время отоскопы являются компактными приборами, сочетающимися в единой конструкции смотровой ка-

нал, канал освещения с осветителем (лампой) и источник питания (аккумулятор).

Нами проведен патентный поиск по базе данных Espasenet Европейского патентного общества с использованием классификационной рубрики А61В 1/227 «Отоскопы» и рубрик подклассов G06К — «Распознавание, представление и воспроизведение данных» и G06Т — «Анализ изображения» Международной патентной классификации.

Наиболее интересные решения по диагностическим функциональным возможностям отоскопов, представленных в патентных документах, мы предлагаем вниманию читателей.

Так в патенте Канады СА3075521, 2018 г. [1] в отоскопе предлагается использовать в качестве

световода изогнутое съёмное зеркало, снабжённое линзой для увеличения изображения, что создаёт возможность более детального рассмотрения структур уха.

В патентной заявке США US2020121189, 2020 г. [2] описано устройство для одновременного получения изображений уха, оценки частоты сердечных сокращений, дыхания, чихания и кашля пациента, выполненное в виде единой конструкции — головки, которая имеет с одной стороны стетоскоп в виде диафрагмы для улавливания колебаний, соединённой с микрофоном, а с другой стороны — отоскоп, соединённый с камерой, преобразующей световые сигналы в электрические. Полученные сигналы передают в удалённый компьютер, где врачом осуществляется их обработка с целью постановки диагноза.

Необходимо отметить конструкцию отоскопа, включающего встроенный в рукоятку последнего принтер, позволяющий распечатывать изображения, наблюдаемые врачом, — патент Израиля IL156563, 2008 г. [3].

В патенте Китая CN110876658, 2020г. [4] представлен отоскоп (отоскопическое устройство), выполненный с возможностью проведения хирургических вмешательств на ухе. Отоскоп включает вводимый в ухо тонкий стержень с каналом передачи изображений и инструментальным каналом. Стержень содержит зондовую часть длиной 10 мм, имеющую возможность изгиба от 0 до 45°. Световолоконный канал передачи изображения расположен на переднем конце зондовой части и соединён с камерой или с внешним дисплеем. В стержне также имеется световолоконный канал освещения.

Представляют несомненный интерес средства, обеспечивающие визуализацию структур среднего уха, невидимых при использовании обычного отоскопа. Эта проблема решается в заявке США US2020146543, 2020 г. [5], предметом которой является отоскоп, включающий источник света, освещающий барабанную перепонку, камеру, которая фиксирует изображения барабанной перепонки, и компьютер, осуществляющий обработку полученных изображений. Заявленный отоскоп обеспечивает получение изображений барабанной перепонки и структур среднего уха пациента, что очень важно для обеспечения постановки правильного диагноза болезней уха.

Заявитель применяет понятия «прямого» и «общего» компонентов света. При этом «прямой» компонент содержит свет, который отражается от барабанной перепонки и затем направляется непосредственно к отоскопу. «Общий» компонент

включает свет, который проходит через барабанную перепонку, затем отражается от среднего уха и далее снова проходит через барабанную перепонку и попадает в отоскоп.

Барабанная перепонка, которая является полупрозрачной, может рассеивать «общий» компонент света.

В обычных отоскопах полупрозрачность барабанной перепонки создает как минимум две технологические проблемы:

- Первая проблема: в обычных отоскопах прямой компонент света (состоящий из света, отражающегося непосредственно от барабанной перепонки к отоскопу), не попадая в среднее ухо, затрудняет получение камерой в отоскопе его высококачественного изображения. Это связано с тем, что «прямой» компонент света никогда не попадает в среднее ухо и создаёт помехи — «шум» в изображении среднего уха.

- Вторая проблема: в обычных отоскопах «общий» компонент света (включающий свет, который отражается от среднего уха через барабанную перепонку и затем проходит к отоскопу) затрудняет получение камерой в отоскопе высококачественного трехмерного изображения барабанной перепонки. Это связано с тем, что «общий» компонент света создаёт помехи — «шум» в трехмерном изображении барабанной перепонки.

Первая проблема решается путем обработки изображения среднего уха и барабанной перепонки на основе «общего» компонента. Иными словами, первая технологическая проблема может быть решена путем удаления «прямого» компонента.

Вторая технологическая проблема, названная выше, — это «шум» (артефакты) в трехмерном изображении барабанной перепонки из-за света, который отражается от среднего уха и диффузно рассеивается при прохождении через барабанную перепонку. Эта вторая проблема решается путем обработки трехмерного изображения барабанной перепонки на основе «прямого», а не «общего» компонента света. Иными словами, вторая технологическая проблема может быть решена путем удаления «общего» компонента и вычисления трехмерного изображения барабанной перепонки на основе «прямого» компонента (рис. 1, 2).

На рис. 1 и 2 отоскоп 200 включает в себя корпус 201, съёмное зеркало 210, проектор 220, камеру 221, компьютер 240, USB- кабель 223 и HDMI - кабель 224. Компьютер 240 показан на рис. 2.

На рис. 2 зеркало 210 вставляется в слуховой проход 230 и частично окружено стенками 231 слухового прохода 230. Корпус отоскопа 201 также содержит непрозрачное зеркало 209, двояко-

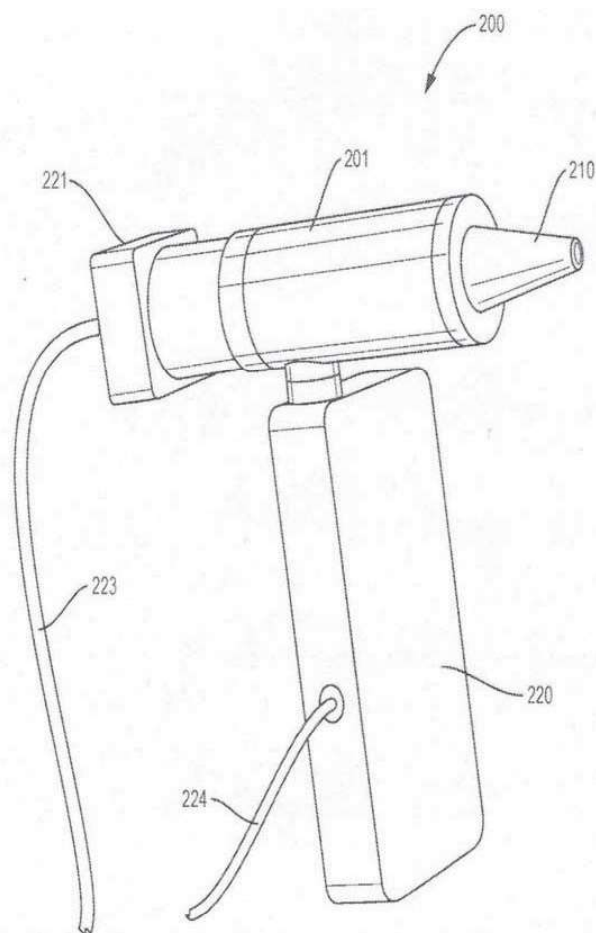


Рис. 1. Общий вид отоскопа.

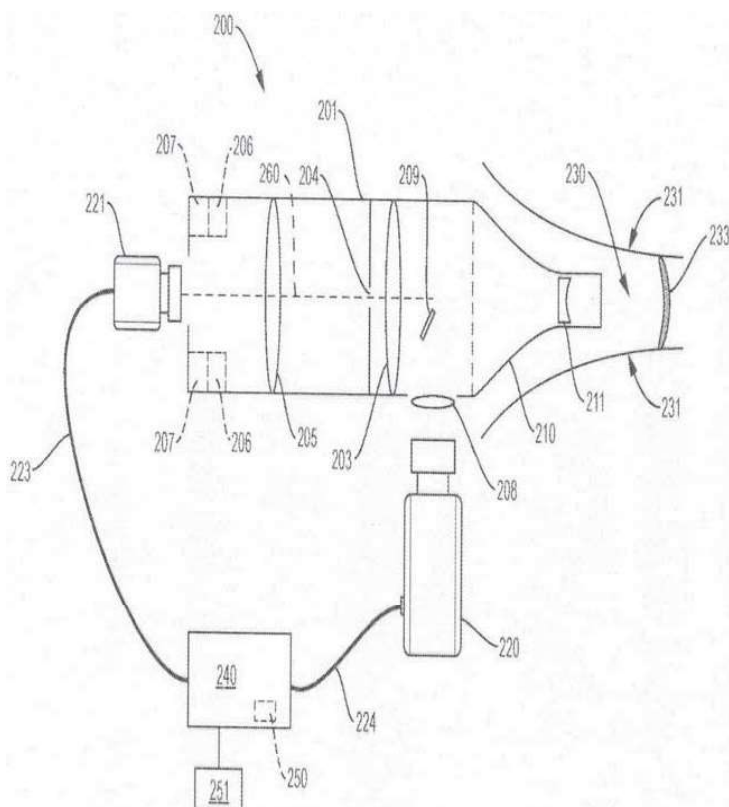


Рис. 2. Схема отоскопа.

выпуклую линзу 203, переменную апертуру 204, линзу 205 с переменным фокусом (для компенсации анатомических различий ушей пациентов), удлинительные кольца 206, 207 и выпуклую линзу 208. Последовательность полос света, излучаемая проектором 220 в «зеленом спектре» света (с длиной волны от 495 до 570 нм), проходит через выпуклую линзу 208, затем отражается от зеркала 209, проходит через линзу 211 и направляется к барабанной перепонке 233. Свет, возвращающийся из барабанной перепонки 233 (например, свет, который отражается непосредственно от барабанной перепонки или от среднего уха и проходит через барабанную перепонку), проходит через линзу 211, затем через двояковыпуклую линзу 203, через переменную апертуру 204, через линзу 205, а затем входит в камеру 221. Двояковыпуклая линза 203 действует как увеличительное стекло. Удлинительные кольца 206, 207 расположены таким образом, что они увеличивают расстояние между линзой 205 и плоскостью изображения камеры 221. Выпуклая линза 208 уменьшает фокусное расстояние проектора 220.

Компьютер 240 управляет проектором 220, включая управление синхронизацией, формой и

ориентацией световых узоров, излучаемых проектором 220, и управляет камерой 221, включая управление синхронизацией кадров, захваченных камерой 221. Кроме того, компьютер 240 принимает данные, представляющие изображения, снятые камерой 221, и разделяет прямые и «общие» компоненты света, полученные камерой.

Источник света в отоскопе может проецировать первый набор сдвинутых по фазе световых полос на барабанную перепонку, по одному рисунку полос за раз во временной последовательности. Камера в отоскопе захватывает первый набор изображений барабанной перепонки, в то время как барабанная перепонка освещается первым набором сдвинутых по фазе узоров полос. Компьютер выполняет алгоритм «общего»-«прямого» разделения, который вычисляет общий компонент первого набора изображений. Компьютер выводит общий компонент в виде изображения среднего уха и барабанной перепонки. На этом изображении видны структуры в среднем ухе, такие как стремечко и наковальня, а также показана барабанная перепонка. Таким образом, отоскоп может «видеть» барабанную перепонку при визуализации среднего уха.



Далее источник света проецирует второй набор сдвинутых по фазе рисунков полос на барабанную перепонку, во временной последовательности. Камера захватывает второй набор изображений, в то время как барабанная перепонка освещается вторым набором сдвинутых по фазе полос. Компьютер преобразовывает этот второй набор изображений в изображения с прямыми компонентами путем вычитания части «общего» компонента из каждого изображения во втором наборе изображений. На основе изображений «прямого» компонента компьютер рассчитывает трехмерную карту барабанной перепонки. Эта карта указывает трехмерные пространственные координаты точек на внешней поверхности барабанной перепонки.

Компьютер 240 управляет одним или несколькими устройствами 251 ввода-вывода изображений частей среднего уха или барабанной перепонки на дисплеи любого типа в удобном для чтения формате. Реконструкция трехмерных изображений барабанной перепонки осуществляется с помощью математических методов, например алгоритма развертки фазы, включающего линейную, динамическую систему обратной связи первого порядка.

В этом подходе к трехмерной реконструкции применяется гауссовский фильтр нижних частот. Таким образом «общий» компонент структур среднего уха может быть извлечен из набора изображений барабанной перепонки и сохранен.

Одним из интересных направлений в развитии конструкций отоскопов является использование устройств, позволяющих получить и проанализировать изображение. В частности, за счет применения искусственного интеллекта (нейронной сети, машинного обучения) выполняется распознавание полученного изображения путём сопоставления его с хранящимися в базе данных изображениями. После анализа врач получает информацию о виде заболевания, которому соответствует выбранное изображение. Иллюстрацией вышесказанного является патент Китая CN111191684, 2020 г. [6], в котором описан отоскоп с дисплеем, содержащий устройство диагностики на основе классификации изображений, расположенное в корпусе отоскопа, соединенное с детекторным пером передачи данных. Устройство диагностики на основе классификации изображений содержит строительный модуль, модуль глубокого обучения, модуль проверки и диагностический модуль. Устройство обеспечивает визуальное отображение, интеллектуальную диагностику заболевания и улучшенный осмотр уха пациента.

Наряду с решениями по получению и анализу изображений в отоскопах внимание авторов направлено и на создание благоприятной психологической обстановки, в которой проводятся обследования с использованием отоскопа. Этот аспект учтён в заявке Китая CN209996284, 2020 г. [7], в которой представлен отоскоп с отделяемой декоративной частью от корпуса отоскопа в виде понятного для ребёнка изображения, например головы медведя.

### Выводы

1. В статье представлены решения, определяющие приоритетные тенденции в развитии отоскопов, направленные на расширение диагностических возможностей использования отоскопов путём увеличения изображения структур уха, получения трёхмерного изображения барабанной перепонки и получения изображения структур среднего уха с помощью современных математических методов реконструкции изображения.
2. Современной тенденцией является использование в конструкциях отоскопов устройств, позволяющих получить и распознать изображение за счет применения искусственного интеллекта (нейронной сети, машинного обучения).
3. Развитие отоскопов также идёт в направлении создания комплексных устройств. Так, в приведённых документах представлены конструктивные решения, включающие дополнительные средства, например, для оценки частоты сердечных сокращений и дыхания, в частности для дистанционной постановки диагноза заболевания, а также средства документирования изображений — принтеры.
4. Необходимо отметить появление отоскопа (отоскопического устройства) с возможностью проведения хирургических вмешательств, имеющего набор конструктивных элементов, сходных с элементами эндоскопов для других областей медицины, но приспособленных для операций на ухе.
5. Изобретателями не оставлены без внимания аспекты создания благоприятной психологической обстановки обследования путём включения в конструкцию отоскопа визуальных средств, вызывающих игровые реакции у детей.

### Литература

1. Holland J.L. *An otoscope. Canada: Throat scope PTY LTD; 2018.* URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/061619230/publication/CA3075521A1?q=CA3075521>
2. Courtney F. *Virtual stethoscope and otoscope. US: House calls LLC; 2020.* URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/061619230/publication/CA3075521A1?q=CA3075521>

*com/patent/search/family/070280311/publication/US2020121189A1?q=US2020121189*

3. *Otoscope with internal printer*. Israel: Silverbrook res PTY LTD.; 2008. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/003826275/publication/IL156563A?q=IL156563>

4. Yongchuan C., Jianqing C., Huan J., Haoyue T., Zhaoyan W., Hao W. *Multifunctional ear endoscopic surgery device*. China: Shanghai 9th Peoples Hospital Shanghai Jiaotong Univ School Medicine; 2020. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/069727945/publication/CN110876658A?q=CN110876658>

5. Anshuman D., Ramesh R. *Methods and Apparatus for Imaging and 3D Shape Reconstruction*. US: Massachusetts Inst Technology; 2020. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/062556772/publication/US2020146543A1?q=US2020146543>

6. Yuexin C., Yuanqing L., Chu L., Jingang Yu, Yiqing Z. *Visual ear endoscope with intelligent image classification diagnosis function based on deep learning*. China: Sun Yat-sent Memorial Hospital Sun Yat-sent Univ; Univ South China Tech.; 2020. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/070707384/publication/CN111191684A?q=CN111191684>

7. Zhang Z. *Otoscope suitable for children and special decorative part of otoscope*. China: Zhejiag Hongshun Medical Tech co LTD; 2020. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/069301462/publication/CN209996284U?q=CN209996284>

**Конфликт интересов отсутствует.**

---