

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ У ДЕТЕЙ ДО 12 ЛЕТ

Каширских М.Е (ученик лицей №23), Петров А.А. (ученик СОШ №34).

Научный руководитель: Герасимов М.А. преподаватель

Центр детского научного и инженерно-технического

творчества при КузГТУ УникУм, г. Кемерово

г.Кемерово

Как известно, проблема загрязнения окружающей среды является одной из самых острых и насущных проблем человечества XXI века. Мы остановимся подробнее на проблеме загрязнения атмосферного воздуха.

Согласно отчета аналитической службы международной аудиторско-консалтинговой сети FinExpertiza<sup>1</sup> на 1 человека, проживающего в России, приходится 155 кг выбросов вредных веществ в год (от 23 кг до 1,6 т в зависимости от региона). Основной источник выбросов (3/4) - промышленные предприятия, остальное (1/4) приходится на автомобильный транспорт.

В топ-10 регионов с наибольшими выбросами в атмосферу, по оценке FinExpertiza<sup>1</sup>, вошли: Красноярский край, Кемеровская область, Ханты-Мансийский автономный округ, Свердловская область, Ямало-Ненецкий автономный округ, Иркутская область, Башкортостан, Челябинская область, Оренбургская область и Краснодарский край.

Наибольшее количество промышленных выбросов приходится на регионы с большой концентрацией крупнейших промышленных предприятий. К примеру, Красноярский край – Норильский никель и Русал, Кемеровская область – основной поставщик угля в стране. С каждым годом возрастает частота введения режима «черное небо» в Кузбассе из-за неблагоприятных метеорологических условий (НМУ) для рассеивания выбросов. В эти периоды в воздухе содержится повышенное количество вредных веществ, которые попадают в легкие человека, что оказывает неблагоприятное влияние и способствует развитию заболеваний органов дыхательных путей.

Заболеваний дыхательных системы человека существует много. Среди них можно выделить самые распространенные и опасные: астма, хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), профессиональные заболевания легких и легочная гипертензия.

В связи с пандемией новой коронавирусной инфекции Covid-19 тема заболевания дыхательных путей стала еще более актуальной. Люди, страдающие заболеваниями дыхательных путей, более подвержены тяжелому течению коронавирусной инфекции и осложнениям на легкие.

В мире около 235 млн. человек страдает от астмы, более 1 млрд. поражены хроническими респираторными заболеваниями. По прогнозам ВОЗ к 2030 г ХОБЛ войдет в тройку причин смерти в мире по значимости<sup>2</sup>.

Нами были изучены способы определения заболевания дыхательных путей – как проводится диагностика, с применением каких аппаратов. Выявлены особенности и недостатки существующих методик и устройств, разработано новое устройство диагностики заболеваний дыхательных путей у детей до 12 лет.

Почему именно у детей до 12 лет? Часто болезни легких начинают развиваться в детском возрасте. Основные причины раннего развития болезней легких в детском возрасте: врожденные нарушения, частые бронхиты, инфекции, несоответствие массы тела возрасту, травмы, наследственная предрасположенность, неблагоприятные условия быта. Ранняя диагностика болезней легких может помочь предотвратить развитие болезни, снизить тяжесть течения и летальность.

Сегодня в поликлиниках диагностика заболеваний дыхательных путей проводится на специальных аппаратах, измеряющих показатели дыхания у детей. Эта процедура называется спирография. Проводится она за 8 лет жизни в среднем 2 раза, у детей – спортсменами чаще.

Спирография – это исследование функции внешнего дыхания с оценкой трахеобронхиальной проходимости<sup>3</sup>. Проводится исследование также с пробой на обратимость и провокационной пробой с физической нагрузкой.

Детям можно выполнять спирографию в поликлиниках с 5-летнего возраста, так как малыши более младшего возраста не в состоянии нормально выполнить дыхательные маневры. Детям 5-9 лет уже можно в доступной форме объяснить, что от них требуется при выполнении дыхательных манипуляций. Сложности во время прохождения спирографии появляются из-за устройства прибора, боязни ребенка, непонимания того, что нужно сделать. Очень трудно проконтролировать правильность выполнения маневра, из-за чего возможны неверные результаты и ошибочные выводы.

Мы создали устройство, у которого форм-фактор – маска, поэтому обследование будет проходить намного точнее, проще и легче для психики ребенка. Обычно спирографию проводят на аппаратах, у которых метод измерения – измерение объема легких – псевмотахометрический метод. Он требует выполнения сложных дыхательных маневров. Мы использовали новую наилучшую систему – метод измерения спирографии на основе крыльчаток.

Наше устройство выглядит в виде маски, плотно охватывает лицо, чтобы ребенок мог свободно подышать 1 минуту. В маску встраиваются 2 крыльчатки, которые работают одна на вдох, другая – на выдох.

Крыльчатки вращаются, а датчик препятствий определяет скорость, количество и время вращения крыльчаток. Технология крыльчаток позволяет избежать маневра форсированного вдоха и выдоха. В маску также встроен датчик углекислого газа, который замеряет количество выдыхаемого углекислого газа.

Все датчики анализируют поток воздуха и рассчитывают следующие характеристики:

- 1) объем легких;
- 2) количество вдохов и выдохов за 1 минуту;
- 3) количество выдыхаемого углекислого газа.

Снимаемые с помощью маски данные выводятся на компьютер, в специальное приложение, где они с помощью программы анализируются и, в зависимости от полученных результатов, человека относят в одну из трех групп: полностью здоров, есть риск заболеть тем или иным заболеванием, есть большой риск или человек уже болен. Программа сравнивает полученные данные с эталонными для конкретного возраста, веса и роста человека.

Для снижения давления на психику ребенка мы уделили большое внимание внешнему виду устройства. К маске возможно крепить различные оформления - образы: медведя, тигра и других животных с соответствующим звуковым сопровождением. Когда ребенок дышит, маска издает звук, соответствующий выбранному образу. Это позволит расслабить, заинтересовать ребенка и провести точное исследование совсем маленьким пациентам. В будущем планируется добавить съемные одноразовые вкладыши из плотного картона, чтобы обеспечить гигиену исследования и не загрязнять окружающую среду не разлагаемыми материалами.

Все расчеты выполняются с помощью Arduino pro micro, которое располагается в маске. Электропитание всех элементов маски осуществляется по проводу microUSB – USB. Мы использовали программу подключения датчиков к Arduino и среду программирования Arduino IDE. В ней по формулам запрограммировали расчет и сравнение данных с эталонными таблицами. Результат выводится на экран в виде трех графиков, по которым врач определяет заболевание, в будущем к графикам будет добавлен вывод номера группы здоровья.

В программе Autodesk Fusion 360 мы создали подростковую 3D-модель маски по собственным размерам и 2 модели оформления: тигра и медведя. Пример нашей маски представлен на рис.1. Далее уменьшили

исходную 3D-модель и получили еще 2 детских размера маски. Все модели и оформления распечатаны на 3D-принтере. В одну самую большую маску нами были вставлены все элементы, запущена и отлажена программа, проверена работоспособность маски.

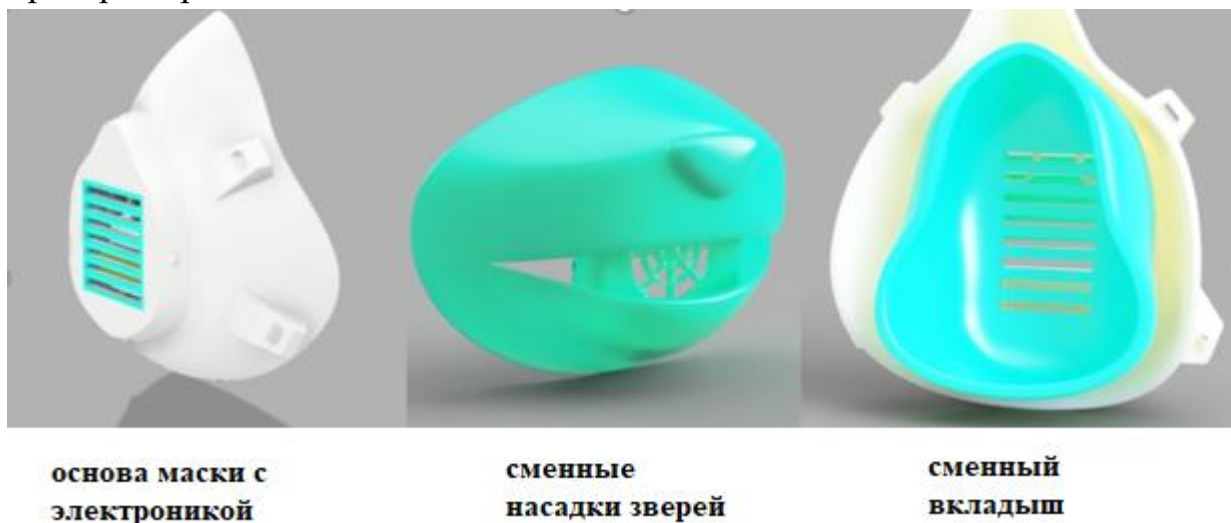


Рис.1 – пример разработанной маски для диагностики заболеваний дыхательных путей

Важно отметить, что в настоящее время уже разработаны устройства, подобные нашему. Информацию о них мы нашли на английских и китайских сайтах<sup>4</sup>. Сравнение приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение устройств для диагностики

показатель/устройство	ezOxygen	Minispir	Spirovit SP-2	наше устройство
Форм-фактор	трубка	трубка	трубка	маска
Спирография (какие измерения делает)	частичная: только форсированный выдох за 1 секунду	есть	есть	есть
Измерение числа вдохов/выдохов	нет	нет	нет	есть
Измерение выдыхаемого углекислого газа	нет	нет	нет	есть
Метод измерения	ультразвуковой	технология на основе крыльчатки	пневмотахометрический	технология на основе крыльчатки
Размеры	60 x 110 x 30 мм	52 x 128 x 26 мм	85 x 190 x 27 мм	120 x 100 x 50мм

Примечание	Не является медицинским прибором	Для профессиональных и непрофессиональных потребителей	Только для профессиональных потребителей	Для профессиональных и непрофессиональных потребителей
------------	----------------------------------	--	--	--

Все перечисленные выше аналоги имеют стоимость от 70 тысяч рублей. По предварительным подсчетам наше устройство будет значительно дешевле.

В результате исследования способов диагностики легочных заболеваний мы придумали новое современное устройство для ранней диагностики заболеваний. В результате сравнения выяснилось, что наше устройство практичнее, функциональнее и дешевле, чем существующие аналоги. Мы надеемся, что в дальнейшем нам удастся провести испытания нашего устройства для ранней диагностики заболеваний дыхательных путей на большем количестве человек, зарегистрировать его и запустить в массовое производство, а также обеспечить простоту его применения и доступность по цене.

#### Список литературы и интернет-источников:

1. Кузнецова, Е. Эксперты назвали регионы с самым загрязненным воздухом Москва и Подмосковье покинули топ-10 / Евгения Кузнецова. – 2020. – 26 авг. – Текст : электронный // РБК. Деловое информационное пространство. – Москва : РосБизнесКонсалтинг, 1995-2021. – URL: Соммер, У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino / <https://www.rbc.ru/society/26/08/2020/5f44d7c39a794747ab76b9b7> (дата обращения: 29.03.2021).
2. Улли Соммер ; пер. с нем. Виктора Букирева. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2012. – VIII, 244 с. : ил. – (Электроника). – ISBN 978-5-9775-0727-1. – Текст : непосредственный.
3. Губанов, С. Г. Основы моделирования в среде Fusion 360 : методические указания / С. Г. Губанов ; МИСИС, национальный исследовательский технологический университет. – Москва : МИСИС, 2019. – 82 с. – Текст : непосредственный.
4. Spirografia: исследование функции внешнего дыхания. - Текст : электронный // «Чудо Доктор», многопрофильная клиника : [сайт]. – Москва, 2021. – URL: <https://doct.ru/diagnostika/funktsionalnaya-diagnostika/spirometriya-spirografiya.html> (дата обращения: 29.03.2021).

5. Spiroanalizatory (spirometry). - Текст : электронный // Tiara Medical. Медицинское оборудование : [сайт] / Компания "Тиара медикал». – Санкт-Петербург, 2007-2021. – URL: <https://www.tiaramed.ru/catalog/spiroanalizatory-spirometry/> (дата обращения: 29.03.2021).
6. Spirometry. – Текст : электронный // Jingdong Mall : [сайт] / Jd.com, компания. – Пекин, 2004-2021. – URL: <https://www.jd.com/chanpin/1194109.html> (дата обращения: 29.03.2021).