

Герасимчук М.В., студент, Муравьев А.В., к.т.н.
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Украина

ДИАГНОСТИКА ЦВЕТОВОСПРИЯТИЯ ЗРЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ В МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ

Человеческий глаз, как орган зрения, имеет сложную структуру, а механизм его работы до сих пор полностью не изучен. Исследованием и лечением патологий зрительной системы занимается отдельная отрасль медицины – офтальмология. Проведение диагностики зрения у людей на предмет правильного восприятия цветов является важной частью при общем обследовании параметров глаза. В последнее время достаточно часто появляются новые требования к проведению исследования качества зрения и его способности к цветовосприятию. Такая медицинская диагностика, в первую очередь, должна быть обязательной для военнослужащих, лиц, управляющих транспортными средствами (водители, пилоты, космонавты), а также других людей, которые имеют отношение к тем сферам деятельности, где предъявляются высокие требования к уровню зрения. Зачастую, люди на ранних этапах развития любых заболеваний глаза не замечают кардинальных изменений, считая, что это обычное переутомление. Однако, именно при регулярных проверках органов зрения есть возможность своевременно выявить минимальные отклонения от нормы, найти патологии и принять необходимые меры для устранения этих дефектов [1].

Главным критерием при диагностике зрения является качество и достоверность полученных результатов. Целью данной работы является исследование возможности применения современной медицинской техники для диагностики цветового зрения, анализ дефектов цветовосприятия зрительной системы человека, существующих методов их диагностики и выявление направлений совершенствования этих процедур.

Сегодня любое обследование, включающее диагностику зрения, предусматривает применение современной техники. Однако, в медицинских учреждениях в настоящее время широко применяется визуальный метод, заключающийся в распознавании пациентом на основном цветном фоне отдельных контуров цифр или фигур другого цвета, который не гарантирует точность или достоверность результата диагностики (например, таблицы Рабкина). С его помощью можно выявить только значительные отклонения от допустимой нормы. Это обусловлено тем, что человек может не различать цвета, а на интуитивном уровне видеть контуры предложенных символов.

Если обратиться к статистике, примерно 80% мужчин страдают дефектами цветового зрения, причем большинство из них даже не подозревает об этом. В наше время самой распространенной болезнью, которая связана с проблемой цветовосприятия глазом, является дихромия (дальтонизм). Различают такие виды этого дефекта зрения: протанопию, дейтеранопию и тританопию. По одной из самых распространенных на сегодня теорий каждый из них отвечает за наличие определенного цветового пигмента на сетчатке глаза человека.

При протанопии происходит изменение восприятия глазом красного цвета, приобретающего более темные оттенки. При этом зеленый цвет смешивается с серым, светлым оттенком желтого и коричневого, а красный – с темным оттенком зеленого и коричневого. При дейтеранопии нарушается восприятие зеленого цвета, который воспринимается как светлый оттенок оранжевого или розового, а красный цвет – как светло-зеленый. Тританопии характерно отсутствие синего пигмента – все оттенки воспринимаются как красный или зеленый [2].

На сегодняшний день дальтонизм считается неизлечимой болезнью. Однако, способ лечения дихромии путем внедрения в структуру сетчатки глаза отсутствующих генов методами генной инженерии с помощью искусственных вирусных клеток находится на стадии активной разработки и уже демонстрирует первые успешные результаты.

Следовательно, диагностика цветовосприятия человеческого зрения является, несомненно, актуальным направлением современной медицины, требующим к себе повышенного внимания. Существующие на сегодняшний день приборы, применяемые для реализации такого контроля, имеют устаревшую сложную конструкцию, что обуславливает непопулярность проведения такой диагностики, несмотря на очевидную потребность. Примером такого устройства может служить аномалоскоп Нагеля [3], схема которого изображена на рис. 1, который и сейчас используется в некоторых медицинских учреждениях.

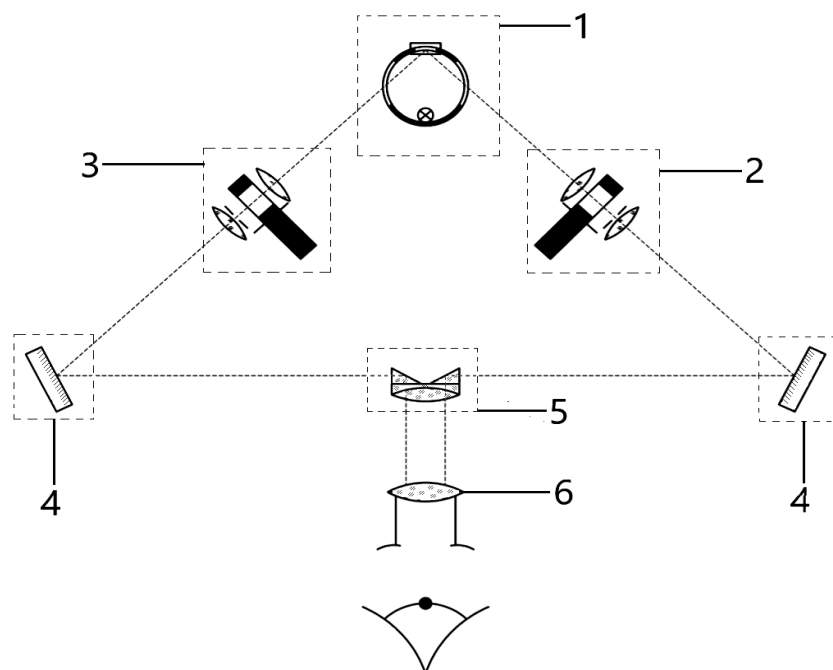


Рисунок 1. Схема аномалоскопа Нагеля: 1 – блок осветителя, 2 – эталонный канал, 3 – тестовый канал, 4 – зеркала, 5 – блок совмещения изображения, 6 – окуляр

Приведенная схема прибора имеет два оптических канала: эталонный 2 и тестовый 3, излучение в которых генерируется блоком осветителя 1, что обеспечивает одинаковую интенсивность света в обоих каналах. Конструкция эталонного и тестового блоков идентична: каждый из них содержит линзы, которые формируют параллельные пучки лучей, диафрагму и барабан с набором светофильтров для создания излучения определенного цвета.

Назначением зеркал 4 является излом оптической оси системы и отражение световых пучков на блок 5. Последний отвечает за совмещение изображений, полученных с тестового и эталонного каналов устройства. Пациент в окуляр 6, из которого излучение выходит параллельным пучком лучей, наблюдает изображение, представляющее собой круг, разделенный в равной доле на два сегмента. Цвет первого сегмента обусловлен параметрами светофильтра эталонного канала, цвет второго – длинами волн видимого диапазона спектра, который пропускает соответствующий светофильтр тестового канала прибора. Задачей пациента является вращением барабана подобрать соответствующий светофильтр тестового канала для совпадения цветов.

К основным недостаткам такой схемы можно отнести значительные габариты системы и большое количество оптических компонентов, что обуславливает относительно высокую себестоимость прибора. Также в процессе диагностики, которая к тому же требует значительных временных затрат, врач постоянно должен принимать участие в ходе исследования, выставляя необходимые светофильтры эталонного канала и проверяя результаты выбора пациента.

Более современная версия прибора, получившая распространение во всем мире при исследовании качества цветового зрения человека, – аномалоскоп Виллибальда Нагеля, изображенный на рис. 2.



Рисунок 2. Аномалоскоп Виллибальда Нагеля

Несмотря на широкое применение, прибор имеет определенные недостатки, один из которых – это отсутствие возможности определять степень погрешности измерения без знания уровня дефекта цветовосприятия у конкретного пациента. Для этого необходимо исследовать этот дефект с большей точностью, чем позволяет вышеприведенное устройство. Модернизированная версия аномалоскопа Нагеля, как и ее предшественник, имеет значительные габариты конструкции и высокую себестоимость, несмотря на относительную простоту принципа работы.

Современный уровень технологий позволяет существенно упростить конструкцию подобных приборов на основе использования новейших RGB светодиодов, управление длиной волны излучения которых может осуществляться несложной электроникой [4]. Такой подход позволит полностью избавиться от элементов 1-4, показанных на рис. 1. Кроме того, работа врача-диагноста в ходе проведения исследования может быть также возложена на микропроцессорную технику, задачей которой будет генерация цвета в эталонном канале по заранее заложенному алгоритму и проверка достоверности результатов выбора пациента [5]. В таком случае привлечение квалифицированного доктора понадобится только на этапе постановки диагноза по результатам проведенной диагностики. Помимо этого, применение такого подхода позволит существенно повысить достоверность и информативность результатов диагностики цветовосприятия за счет возможности проведения исследования на любой длине волны видимого диапазона спектра, без ограничения определенным количеством светофильтров.

Полная автоматизация процесса диагностики цветовосприятия, к сожалению, невозможна. Это обусловлено тем фактором, что сигналы, которые формируют цветочувствительные рецепторы сетчатки глаза, обрабатываются мозгом человека, то есть только пациент может принимать решение относительно соответствия цвета сформированного изображения.

Медицинская диагностика цветового зрения человека является сегодня действительно актуальной проблемой. Значительная часть населения планеты имеет дефекты цветовосприятия зрительной системы и нуждается в прохождении такого исследования. К сожалению, на сегодняшний день приборы для реализации такой диагностики недостаточно развиты, что обуславливает непопулярность их применения в медицине. Современные технологии позволяют существенно модернизировать конструкцию существующих аналогов таких устройств и упростить процесс прохождения исследования, что, безусловно, приведет к распространению этого метода диагностики среди медицинских учреждений.

Литература:

1. Муравйов О. В. Компенсація терморозфокусування оптичної системи тепловізора та перспективи його використання в медичній діагностиці / О.В. Муравйов, О.О. Назарчук // Вісник інженерної академії України. – 2017. – вип. №1. – С. 124-131.
2. Дослідження колірного зору. – Режим доступу: <http://biomedicina.com.ua/zir-doslidzhennya-kolirnoho-zoru>.
3. Аномалоскоп. – Режим доступу: <http://medical-enc.com.ua/anomaloskop.htm>.
4. Муравьев А. В. Основные тенденции, проблемы и перспективы развития дисплейной наноэлектроники / А. В. Муравьев // Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському союзі: матеріали 2-гої науково-технічної конференції з міжнародною участю. – Польща, Люблін, 2018. – С. 10-11.
5. Пятакович Ф.А. Модели и алгоритмы для автоматизированной классификации цветоощущения и цветовосприятия / Ф.А. Пятакович, Ю.А. Курлов // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 10. – С. 55-58.