

УДК 57.089:617-7:614.8

О ТРЕБОВАНИЯХ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К ПРИБОРАМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ СВЕТОВЫХ МЕЛЬКАНИЙ

Оруджова О.Н., Шабунина Н.В.

*ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,
Архангельск, e-mail: o.orudjova@narfu.ru, n.shabunina@narfu.ru*

В настоящее время метод критической частоты слияния мельканий (КЧСМ) достаточно широко применяется в диагностике и лечении оптической системы человека. На сегодняшний день используют множество приборов и аппаратов, предназначенных для исследования КЧСМ. При этом применяют приборы и аппараты как промышленного производства, так и индивидуальные разработки исследователей. Имеется множество методов, зарегистрированных патентов и авторских свидетельств на изобретения и полезные модели для исследования критической частоты слияния мельканий. При этом отсутствует их стандартизация для определения показателя КЧСМ. При определении показателя КЧСМ основным фактором, позволяющим проводить исследование, является отсутствие заболеваний нервной системы (эпилепсия, рассеянный склероз и другие) и зрительного анализатора (отслоение сетчатки и другие). Также к противопоказаниям к применению КЧСМ-теста относятся: боязнь света, обильное слезотечение, острые воспаления в организме, повышенное внутричерепное давление (ВЧД), индивидуальная непереносимость мелькающего света. Поэтому исследование по определению требований, предъявляемых приборам для определения показателя КЧСМ, является актуальным. Необходимо совершенствование нормативной базы, стандартизация методик и приборов для определения КЧСМ. Целью исследования является формулирование требований к приборам и устройствам для определения КЧСМ.

Ключевые слова: устройство для определения КЧСМ, критическая частота слияния мельканий, критическая частота пульсаций света, световой стимул, светодиод, стандарт

ABOUT STANDARDS QUALIFYING DEVICES FOR DETERMINING OF CFCM

Orudzhova O.N., Shabunina N.V.

*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk,
e-mail: o.orudjova@narfu.ru, n.shabunina@narfu.ru*

At present, the method of the critical flicker fusion frequency (CFCM) is widely used in the diagnosis and treatment of the human optical system. At present, various instruments and apparatuses, both factory-made and original designs, are widely used in the research of CFCM. There are many methods, registered patents and author's certificates for inventions and useful models for investigating the critical frequency of flicker fusion. At the same time, there is no standardization for the determination of the CFM index. When determining the indicator of CFCM, the main factor that makes it possible to conduct a study is the absence of diseases of the nervous system (epilepsy, multiple sclerosis and others) and the visual analyzer (retinal detachment and others). Also, contra-indications to the use of the FFMC test include photophobia, lacrimation, acute period of the inflammatory process in the body, increased intracranial pressure, individual intolerance of flashing light. Therefore, the study to determine the requirements for devices to determine the index of CFCM, is relevant. It is necessary to improve the regulatory framework, standardize the methods and instruments for determining CFCM. The aim of the study is to formulate requirements for instruments for determining the critical frequency of flicker fusion.

Keywords: device for determining CFCM, critical flicker frequency, critical frequency of light pulsations, light stimulus, LED, standard

В настоящее время метод критической частоты слияния мельканий (КЧСМ) достаточно широко применяется в диагностике и лечении оптической системы человека.

КЧСМ пульсирующего света относится к исследованиям как пространственных показателей, так и временных показателей восприятия оптической системой человека. Острота зрения, объём восприятия оптической системой, поле зрения человеческого глаза – это пространственные характеристики. Длительность инерции ощущения, критическая частота, время адаптации, латентный период зрительной реакции представляют собой временные показатели зрительного анализатора.

Поэтому для исследования КЧСМ используют различные приборы и аппараты как промышленного изготовления, так и оригинальные разработки.

Цель исследования: для диагностических и терапевтических исследований оптической системы человека применяют метод светостимуляции. КЧСМ (критическая частота световых мельканий) в представленном исследовании используется как критерий. Сейчас для определения КЧСМ применяются множество различных приборов и устройств, но при этом отсутствует их стандартизация для определения показателя КЧСМ. Поэтому исследование по определению требований, предъявляемых при-

борам для определения показателя КЧСМ, является актуальным. Целью исследования является формулирование требований приборам и устройствам, предназначенным для определения КЧСМ.

Материалы и методы исследования

С одной стороны, в настоящее время имеется множество методов, зарегистрированных патентов и авторских свидетельств на изобретения и полезные модели для исследования критической частоты слияния мельканий, для диагностики патологии зрительной системы по критической частоте слияния мельканий в офтальмологии, неврологии и психиатрии [1–3].

Многие приборы и аппараты для определения КЧСМ осуществляют светостимуляцию с помощью встроенных в них светодиодов, расположенных напротив каждого глаза. Включение светоизлучающего диода возможно только при определённом значении силы тока и его направлении. Для подключения светодиодов в цепях переменного напряжения и управления их яркостью применяются специальные пускорегулирующие устройства, колебания тока которых на выходе порождают колебания светового потока светодиода.

Пульсации света можно разделить на видимые (частотой до 60...80 Гц) и невидимые глазом человека (частотой от 80...300 Гц). Такие пульсации света могут оказывать разное воздействие на организм человека. В большинстве случаев человеческий глаз не фиксирует пульсацию источника искусственного света, т.к. критическая частота пульсаций света составляет 300 Гц.

Пульсирующий свет до частоты 300 Гц способен воспринимать человеческий мозг. В работе [4] приводятся данные исследования ЭЭГ мозга человека при воздействии пульсирующего света частотой 120 Гц: появление навязанных пиков активности с частотой пульсации света, подавляющих естественные биоритмы нервной системы. Причем при уровне пульсации света 5–8% возникают признаки расстройства нормальной электрической активности мозга, глубиной 20% – вызывают такой же уровень

расстройства нормальной активности мозга, что и пульсации глубиной 100%.

Видимые глазом человека пульсации можно разделить на две группы: краткосрочного и долгосрочного воздействия. При краткосрочном влиянии пульсаций светового потока на организм человека отмечается усталость органов зрения, снижение внимания, утомляемость организма, замедление активности мозга, нарушение пищеварения, нарушение циркадных ритмов. При долгосрочном влиянии пульсаций светового потока на организм человека развивается расстройство нервной системы, патология органов зрения и сердечно-сосудистой системы.

Невидимые глазом человека пульсации (при частоте, равной КЧСМ) визуально не ощущаются, т.к. мозг «не успевает» обрабатывать поступающую информацию об изменениях интенсивности светового потока (таблица).

Показатель КЧСМ является критерием оценки активности биохимических, энергетических, электрофизиологических, метаболических и других процессов. Наблюдателю в последовательном порядке показывают дискретные световые сигналы определённого цвета (красного, зеленого, оранжевого, синего, белого) по возрастающей (обычно 10–70 Гц) или убывающей (70–10 Гц) частоте. В современной литературе имеются противоречивые данные относительно нормальных показателей КЧСМ.

С другой стороны, при определении показателя КЧСМ основным фактором, позволяющим проводить исследование, является отсутствие заболеваний нервной системы (эпилепсия, рассеянный склероз и другие) и зрительного анализатора (отслоение сетчатки и другие). Также к противопоказаниям к применению КЧСМ-теста относятся: боязнь света, обильное слезотечение, острые воспаления в организме, повышенное ВЧД, индивидуальная непереносимость мелькающего света.

Таким образом, возникла необходимость в формулировании требований к приборам для определения критической частоты слияния мельканий.

Особенности восприятия пульсаций

Описание	Частота, Гц	Восприятие информации	
		зрительно	мозгом
Частота пульсаций, легко различимая глазом человека	0–25...30	+	+
КЧСМ-тест центрального зрения	30–60	+	+
Частота слияния мельканий периферического зрения	60...80–300	–	+
Минимальная частота пульсаций, не воспринимаемая мозгом	300	–	–

Рассмотрим следующие приборы и аппараты для определения КЧСМ:

1. Прибор «КЧСМ – Д» применяют для исследования критической частоты слияния мельканий при воздействии красным и зеленым светом с различной патологией сетчатки глаза и зрительного нерва.

Данный прибор применяют для лечения оптической системы человека при ряде глазных заболеваний при использовании метода цветотерапии. Прибор «КЧСМ – Д» специально разработали и сконструировали для лечения зрения у детей, так как при диагностировании заболевания и, соответственно, его последующего лечения у маленьких детей возникают некоторые трудности. Использование прибора «КЧСМ – Д» основано на вовлечении ребенка в игру, что концентрирует его внимание и позволяет наиболее точно оценить КЧСМ. Тестируемому ребенку предлагают оказать помощь при ремонте автомобиля, а именно просят указать, мигает или нет фара автомобиля. «КЧСМ – Д» генерирует импульсы света разной длины волны: по красному цвету – 650 ± 20 нм, по зеленому – 520 ± 20 нм, по синему – 450 ± 20 нм. У прибора есть возможность изменять частоту мельканий излучателя не дискретно, а плавно в диапазоне от 3 до 70 Гц. При этом интенсивность излучателя света варьируется от 0,5 до 0,9 мкд, а длительность одного светового импульса составляет не менее 5 мс. Генерация световых стимулов осуществляется с помощью безынерционных источников света, которые называются светодиодами. Полученные показания генерации стимулов фиксируются на цифровом табло. Микроконтроллер, который смонтирован в отдельном корпусе, позволяет управлять светостимуляцией. Также прибор снабжен дополнительным светостимулятором, представленным в виде труба, для диагностики макулярной зоны сетчатки. В комплект прибора «КЧСМ – Д» входят очки с смонтированными в них трёхцветными светодиодами.

2. Прибор «Хиазма – 01» применяют с целью экспресс-диагностики патологического процесса в хиазме. Критическая частота слияний мельканий определяется в различных участках поля зрения. С помощью прибора «Хиазма – 01» (а также его компьютерного варианта «Хиазма – 02») возможно проводить топическую диагностику нарушений в зрительном пути каждого глаза или обоих глаз, а также определять нарушения зрительных функций в разных участках поля зрения: носовой, височной, макулярной областях.

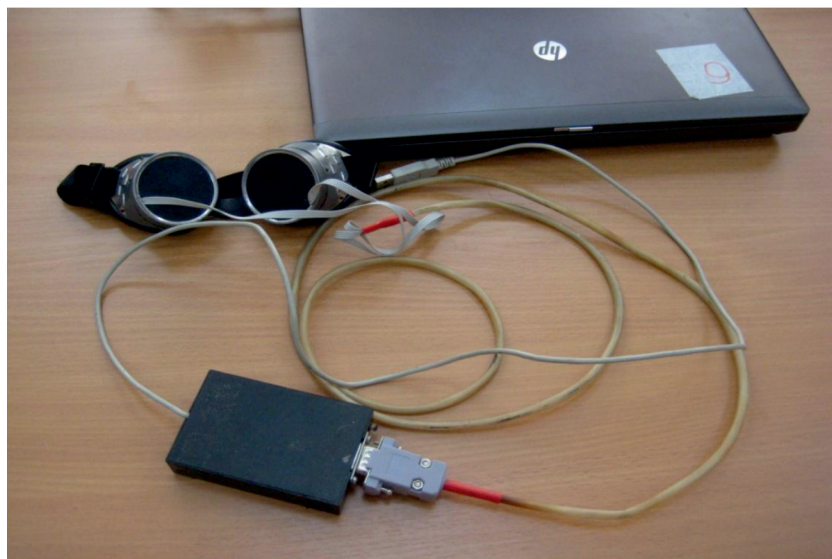
3. В приборе «Радуга – 3ДЛ» используют метод исследования КЧСМ и метод цветотерапии для диагностики и лечения

органов зрения у пациентов с различными патологиями.

Прибор «Радуга – 3ДЛ» генерирует импульсы света разной длины волны: по красному цвету – 650 ± 20 нм, по зеленому – 525 ± 20 нм, по синему – 450 ± 20 нм. Имеется возможность частоту мельканий излучателя варьировать в диапазоне от 25 до 70 Гц с шагом 0,7 Гц. Интенсивность импульса света изменяется от 0,5 до 0,9 мкд, а длительность одного светового импульса составляет не менее 15 мс. Процедура светолечения по временному интервалу может составлять – 1, 2, 3, 4 или 5 минут.

4. Прибор «Радуга – 3Л» может применяться операторами персональных компьютеров для снятия зрительного утомления, а также может использоваться для восстановления зрения при близорукости или дальнозоркости. По рекомендации врача данный прибор может быть использован для лечения пациентов в домашних условиях. Аппарат «Радуга – 3Л» способен выявлять нарушения зрительных функций различной степени тяжести, что особенно важно при отсутствии видимых органических изменений на глазном дне, позволяет проводить лечение КЧСМ на основе полученных данных исследования. Прибор является автономным микропроцессорным устройством, включающим очки, в которые встроены двухцветные источники света. Генератор импульсов света, соединенный с двумя светодиодами и закреплённый в светозащитном экране, размещен в корпусе аппарата и подключен к блоку питания. Между генератором импульсов света и блоком питания установлен таймер. Прибор «Радуга – 3Л» снабжен электронным блоком управления светостимуляторами, а также очками для фотостимуляции хроматическими импульсами. Данный прибор генерирует импульсы света разной длины волны: по красному цвету – 650 ± 20 нм, по зеленому – 525 ± 20 нм. Частота импульсов света порядка 38 Гц, их интенсивность варьируется от 0,5 до 0,9 мкд. Длительность одного светового импульса составляет не менее 15 мс. Процедура светолечения по временному интервалу составляет 3 минуты.

5. Прибор «КЧСМ – У» применяют для регистрации критической частоты слияния мельканий у детей на хроматические стимулы. Данное устройство содержит генератор импульсов, связанный с формирователем частоты, к выходу которого присоединен управляемый источник света, выполненный трехцветным и установленный в фарах автомобиля-игрушки, при этом одна из фар автомобиля-игрушки постоянно светит. Источник света размещен в одном корпусе со световым табло и кнопкой регистрации.



Прибор для определения КЧСМ (А.С. Волков)

6. Метод цветотерапии по Т.П. Тетериной применяют для коррекции функциональных систем организма (ФСО) человека. Прибор состоит из очков со светорассеивающими отражателями и вмонтированными источниками светового излучения (СИ), имеется генератор, регулятор частоты светового излучения, блок питания с регулятором яркости светового излучения.

Источник СИ – это набор светодиодных излучателей разной длины волны СИ.

Блок управления последовательно соединен с формирователем модулирующих импульсов и модулятором. Выходы блока управления подключаются к управляющим входам регулятора частоты мельканий СИ.

Входы модулятора подключаются к выходам регулятора частоты яркости СИ. Входы каждого из двух коммутаторов подключаются к регулятору яркости СИ, выходы – к источнику СИ.

7. Прибор «Свето – Тест» фирмы «Окулюс» является офтальмологическим диагностическим прибором, предназначенным для определения функционального состояния центральных отделов сетчатки глаза и зрительного нерва. Данный прибор позволяет определять показатель критической частоты слияния мельканий. Получаемые данные являются объективными показателями функциональной подвижности зрительно-нервного аппарата.

Прибор «Свето – Тест» представляет собой электронный блок и излучатель красного, зеленого, желтого и синего света. Имеется возможность изменять частоту мельканий излучателя не дискретно,

а плавно в диапазоне от 1 до 60 Гц. Расстояние между устройством и глазами составляет 75 мм. Прибор соответствует стандартам и требованиям ГОСТ Р 50267.0-92. Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности и ГОСТ IEC 60601-2-51-2011 [5]. В данный момент прибор снят с производства на неопределенный срок.

8. Оригинальные КЧСМ – очки (разработчик А.С. Волков) – прибор для определения КЧСМ разработан в Северном (Арктическом) федеральном университете и представляет собой программно-аппаратный комплекс (рисунок) [6].

Данный прибор состоит из прибора управления, очков для светостимуляции и персонального компьютера. Прибор управления – микроконтроллерная схема управления с USB интерфейсом для подключения к персональному компьютеру – предназначен для получения управляющих команд от персонального компьютера и передачи информации. Персональный компьютер предназначен для управления прибором управления и обеспечения интерфейса взаимодействия с пользователем.

Светостимуляция осуществлялась с помощью закрытых очков (типа защитных) со встроенными в переднюю панель трехцветными светодиодами, расположенными напротив каждого глаза в центральной зоне. Светодиодные кристаллы замыкаются в равносторонний треугольник со стороной до 1,5 мм, поэтому свечение трех световых диодов можно считать точечным. Поэтому, регулируя яркость свечения

каждого светоизлучающего диода, можно предъявлять нужный для исследования цвет, воспринимаемый глазом человека [7]. В данном приборе светоизлучающие диоды предъявляют световые импульсы красного, зелёного, синего и белого цветов с увеличением частоты на 1 Гц/с.

Оригинальные КЧСМ-очки подключаются к персональному компьютеру посредством USB-интерфейса. Управление осуществляется с помощью специализированного оригинального программного обеспечения «eyeLight», позволяющего задавать спектральный состав, интенсивность, глубину и длительность стимула [6].

Данный прибор не нуждается в дополнительном источнике питания, так как питание всей системы, в том числе светодиодов, осуществляется от USB-интерфейса персонального компьютера [6–8].

Недостатки приборов:

- многие приборы являются готовыми, неизменяемыми под соответствующие нужды, так как значения всех строго заданных параметров приборов нельзя изменить;
- некоторые приборы не имеют возможности автономной работы в условиях отсутствия промышленной сети;
- основная часть приборов состоит из большого количества электронных компонентов, то есть имеют сложное устройство;
- практически все приборы возможно использовать только с участием опытного специалиста;
- для профилактического использования многих приборов необходимо специальное помещение.

Заключение

Требования, предъявляемые к приборам для определения критической частоты световых мельканий:

1. Все приборы и аппараты для определения КЧСМ должны соответствовать требованиям ГОСТ 20790-93. Приборы, аппа-

раты и оборудование медицинское. Общие технические условия, ГОСТ ИЕС 60601-2-51-2011. Изделия медицинские электрические. Часть 2-51. Частные требования безопасности, ГОСТ Р 50267.0-92. Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности.

2. Для корректного сопоставления данных показателей КЧСМ световой стимул должен предъявляться центральной зоне сетчатки.

3. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

4. Необходимо совершенствование нормативной базы, стандартизация методик и приборов для определения КЧСМ.

Список литературы

1. Рожцов В.В. Точность измерения критической частоты световых мельканий // Офтальмология. 2013. № 10. С. 47–49.
2. Atchison D.A. History and development of wavefront technology / In Yan, W. & Zhao, K. (Eds.). Wavefront and Clinical Visual Optics. People's Medical Publishing House, Beijing, China, 2011. P. 9–15.
3. Atchison D.A. Depth of focus of the human eye / In Pallikaris, Ioannis, Plainis, Sotiris, & Charman, W. Neil (Eds.). Presbyopia: Origins, effects and treatment. Slack Incorporated, 2012. 19 p.
4. Ошурков И. Обоснованный подход к нормативам пульсаций светодиодного освещения // Современная электроника. 2012. № 4. С. 68–71.
5. ГОСТ ИЕС 60601-2-51-2011. Изделия медицинские электрические. Часть 2-51. Частные требования безопасности. Введ. 2013-01-01. М.: Стандартинформ, 2013. 103 с.
6. Волков А.С., Морозова Л.В. КЧСМ как метод психофизиологического исследования зрительного анализатора // Международный студенческий вестник. 2015. № 2–3. С. 310–312.
7. Лагунов А.Ю., Федин Д.А., Орлов А.В. Полихромный светодиодный блок для измерения КЧСМ // Научные труды SWorld. 2014. Т. 2. № 4. С. 83–89.
8. Лагунов А.Ю., Федин Д.А., Орлов А.В. Программный комплекс для управления блоком для измерения КЧСМ // Научные труды SWorld. 2014. Т. 2. № 4. С. 89–93.