УДК 613.6/628.979:612.014.44:001.5

ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИЗЛУЧЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Мартиросова В. Г.¹, Назаренко В. И.¹, Сорокин В. М.², Галинский А. Д.³¹ГУ «Институт медицины труда НАМН Украины», г. Киев²Институт физики полупроводников имени В. Е. Лашкарева НАН Украины, г. Киев³НПП «Аэропласт»

Проведено измерение составляющих электромагнитного излучения светодиодных источников света (СДИС) на основе светодиодов типа «Acriche» фирмы Seul Semiconductor и изучено их влияние на функциональное состояние органа зрения, ЦНС и сердечно-сосудистой системы у 4-х здоровых добровольцев при выполнении зрительной работы высокой точности в условиях шестидневного лабораторного эксперимента. Изучение зрительной работоспособности и других физиологических функций при освещенности на тест-объекте 180–200 лк показало, что динамика изменения их показателей зависит от цветовой температуры применяемых СДИС — 4000 и 7900 К. Даны предварительные рекомендации по применению светодиодных источников света в системах промышленного освещения.

Ключевые слова: светодиоды, система освещения, цветовая температура, зрительная работоспособность, физиологические функции

Введение

В 2010 году состоялись два международных события — конгресс Международного комитета по освещению (МКО) [11] в Вене (март) и светодиодный форум «LED 2010» в Москве (октябрь). Конгресс МКО, проходивший в рамках программы «Lighting Quality and Energy Efficiency» (эффективность и качество света) показал, что большое количество работ было представлено не только специалистами-светотехниками, но и офтальмоэргонристами и физиологами. Обсуждая значительное превосходство светодиодов по сравнению со всеми широко применяемыми в настоящее время источниками света, некоторые авторы предупреждают об опасности синего света (blue light + hazard) [9], присутствующего в спектре излучения светодиодов и относящегося к факторам, стимулирующим развитие макулодистрофии.

Рядом авторов предлагается оценить качество освещения для светодиодных источников света (СДИС) по показаниям адаптации для сложных зрительных задач при различных уровнях освещенности. В работе Т. Khanh [10] были сформулированы качественные характеристики освещения, основными из которых являются — абсолютная освещенность рабочего места, равномерное распределение освещенности на горизонтальных и вертикальных рабочих поверхностях, наличие блескости, влияю-

щих на различение объектов фиксации, контрастную чувствительность глаз и других функций. Однако следует заметить, что эти критерии ранее были сформулированы советскими учеными-светотехниками В. В. Мешковым и М. М. Епанешниковым еще в 60-х годах прошлого века и применяются до настоящего времени в виде гигиенических требований к освещению [5]. Приятно отметить, что в последние годы появились и первые работы украинских ученых по влиянию спектров излучения источников света на организм человека [1] и по гигиеническим аспектам применения СДИС в системах освещения [2, 3].

Большой интерес, с нашей точки зрения, на конгрессе представляет работа N. Pousset с коллегами [13], проводивших с участием волонтеров исследование качества освещения СДИС холодного (5930 и 6100 К) и тепло-белого света с цветовой температурой 3500, 2850 и 3030 К в специальной камере при освещении в 150 лк, обеспечиваемой 10 лампами, мощностью по 1 Вт. Согласно результатам этого исследования все волонтеры предпочли светодиодные (СД) лампы теплого белого света. Особое место занимают представленные на конгрессе МКО работы, посвященные поиску оптимальных условий местного освещения, обеспечиваемого СД лампами смешанного типа для лиц с аномалиями рефракции и пониженной, вследствие этого, остроты зрения [12]. Представляет интерес ряд выводов авторов [8,

14, 15], которые могут быть использованы при исследованиях влияния спектрального состава СД освещения на органы зрения.

Московский форум «LED 2010» продемонстрировал очередной глобальный интерес к проблеме совершенствования светодиодов и СД техники освещения. Однако многие ученые специалисты отмечали отсутствие санитарно-гигиенических норм, регламентирующих применение таких систем на практике. Разработка нормативной гигиенической документации должна основываться на фундаментальных физиолого-гигиенических исследованиях по влиянию излучения СДИС на функциональное состояние организма.

Целью нашего исследования являлось изучение некоторых основных систем организма (сердечно-сосудистой, центральной нервной и зрительной систем) при работе со светодиодными системами в условиях лабораторного эксперимента.

Материалы и методы исследования

Исследование состояло из 3-х этапов: 1) разработка, расчет и создание экспериментальной осветительной установки с СД-лампами (рис. 1); 2) подготовка экспериментальной базы с применением экспресс-методов оценки функционального состояния зрительной, сердечно-сосудистой и центральной нервной систем; 3) проведение шестидневных динамических экспериментальных исследований с использованием осветительной системы с двумя типами СД-ламп разработки Института физики полупроводников имени В. Е. Лашкарева НАН Украины со светодиодами «Acriche» (фирмы Seul Semiconductor), с фактически установившейся цветовой температурой 4000 К (Тип 1) и 7900 К (Тип 2). Цветовую температуру измеряли с помощью фотометрической сферы и спектрометра НААС-2000 после прогрева лампы в сфере в течение 40 минут.

Рис. 1. Экспериментальная осветительная установка.

Рис. 2. Светодиодная лампа разработки ИФП НАНУ.

Для создания осветительной установки было проведено компьютерное моделирование фотометрических параметров для выбора экспериментальной осветительной установки, разработана ее конструкция, и создан макет с использованием ламп Типа 1 и Типа 2 (рис. 1).

В осветительной установке применяли светодиодные лампы, типа «Acriche» (фирмы Seul Semiconductor) (рис. 2) снабженные светорассеивателями.

Как видно из рисунка 3, спектр излучения светодиода с цветовой температурой 7900 К ближе к кривой чувствительности глаза, хотя и не вполне совпадает с ней, с учетом максимума излучения в синей части спектра.

С помощью осветительной системы обеспечивалась искусственная освещенность на тест-объектах, равная 180–200 лк, в помещении, изолированном от естественного освещения. В эксперименте принимали участие четыре здоровых добровольца в возрасте 20–21 года, с нормальными зрительными функциями. Перед началом исследований испытуемые адаптировались к условиям освещения в течение 40 мин.

Для получения объективных данных о составляющих потока светового излучения используемых светодиодов проведены гигиенические исследования в оптическом диапазоне электромагнитных излучений (ЭМП), напряженности ЭМП излучений в радиочастотном диапазоне по методу векторной составляющей, разработанной в институте [4]. Определяли количественные показатели интенсивности светового потока F/S , то есть освещенности (E) в лк, яркость светящейся поверхности (L), $кД/м^2$, УФ-излучения — мощность интегрального потока $Вт/м^2$, ЭМИ в радиочастотном диапазоне 2–400 кГц, в В/м. Исследования проведены с помощью прибора радиометр АРГУС-04, АРГУС-05, АРГУС-06, РАТ-2П, ВЕ-МЕТР-АТ-002. Результаты обработки данных измерений оценены

Рис. 3. Спектры излучения светодиодов «Acriche».

в соответствии с действующими гигиеническими нормативами и представлены в таблице 1.

Для оценки состояния зрительных функций применяли физиологические и психофизиологические методы исследования. При выборе методов исследования, решающим моментом была адекватность их поставленным задачам, что позволяет правомерно оценить зрительное восприятие и качество переработки зрительной информации. В данном исследовании был применен комплекс

экспресс-методов, что позволило оценить функционирование яркостных и контрастных каналов зрительной системы при работе в условиях воздействия излучений СД-источников света, функциональное состояние палочковой и колбочковой систем светочувствительного аппарата глаза, а также передачу информации в центральные отделы зрительного анализатора, первичных и вторичных зрительных центров. Для выполнения этих задач были применены — визометрия, аккомодометрия (резервы аккомодации, контрастная чувствительность, ахроматическая адиспаропия, интегральная зрительная работоспособность, производительность труда по показаниям динамической зрительной работоспособности, исследованы — частота сердечных сокращений, артериальное давление и кратковременная память.

Для стандартизации зрительной нагрузки, учета производительности зрительной работы и оценки динамической зрительной работоспособности разработаны тестовые карты в 7-ми модификациях, которые отпечатаны типографским способом и размножены.

В экспериментальных условиях моделировали работу по классификации зрительных задач, эквивалентную III а разряду зрительных работ (высокая точность) в соответствии с действующими ДБН В 2.5-28-2006. Испытуемые выполняли

Таблица 1

Гигиенические характеристики источника света, типа «Acriche»
(светодиод AW 3221 фирмы Seul Semiconductor)

Показатели	Расстояние точки замера от источника света, см						ПДУ для производственных условий	ПДУ для бытовых условий
	5	20	40	60	80	100		
Освещенность, лк	—	800	250	90	50	40	ДБН.В 2.5-28-2006	—
Яркость, кД/м	—	236	71	28	15	12	Не нормируется	—
УФ-А, Вт/м	2,94	0,37	0,07	0,03	0,02	0,01	10	—
УФ-Б, Вт/м	0,059	0,002	0,001	0	0	0	0,01 (СН 4557-88)	—
Напряженность электрического поля: 5–2000 Гц, В/м	166	40	1	0	0	0	5000 В/м (для 50 Гц по ДСН 3.3.6-096-2002)	500 В/м (для 50 Гц по ДСН 239-93)
2–400 кГц, В/м	0	0	0	0	0	0	50	ДСН 239-96
Напряженность магнитного поля: 5–2000 Гц, А/м	0	0	0	0	0	0	9,0	ДСН 239-96
2–400 кГц, А/м	0,01	0	0	0	0	0	5,0	—

работу с необходимостью поиска и различения тест-объектов на уровне порога различения, при абсолютном отрицательном физическом контрасте объекта различения с фоном ($K = 100\%$). Эксперимент проводили непрерывно на протяжении 2,5 часов с измерением показателей перед началом исследования через 1 час и через 2,5 часа выполнения зрительных работ. В исследованиях использовали щелевую лампу, бинокулярный измеритель видимости, измеритель освещения ТЭС-63, таблицы Роджера, Головина-Сивцева, набор тестовых заданий, измеритель артериального давления. Данные статистически обработаны с использованием программ Microsoft Office Excel 2003, Statistica 6.0.

Результаты исследования и их обсуждение

Данные экспериментальных исследований функций органа зрения у добровольцев представлены в таблицах 2 и 3. В таблице 2 представлены показатели состояния физиологических функций при использовании источников света Типа 1.

Получены данные экспериментальных исследований в динамике обработки тестовых карт: исходный уровень показателей зрительных функций, через 1 час и через 2,5 часа от начала работы. Анализ данных исследований указывает на изменение показателей исследованных функций. При этом, через 1 час после начала работы наблюдается тенденция к повышению ($p < 0,1$) резервов

аккомодации OS (левого глаза) на фоне достоверного снижения количества ошибок при выполнении зрительной работы с $4,96 \pm 0,9$ до $1,92 \pm 0,4$ через 1 час после ее начала, что свидетельствует о повышении зрительной работоспособности. Через 2,5 часа наблюдается достоверное повышение ($p < 0,05$) резервов аккомодации OS (левого глаза) на фоне тенденции ($p < 0,1$) к снижению количества ошибок с $4,96 \pm 0,9$ до $2,83 \pm 0,6$ и длительности неудовлетворительного последовательного контраста с $12,7 \pm 1,2$ с до $9,75 \pm 1,0$ с.

В таблице 3 представлены показатели состояния физиологических функций при работе в условиях освещенности источниками света типа LED 7900 К.

Анализ данных таблицы 3 указывает на то, что через 1 час выполнения зрительной работы не наблюдается заметных изменений зрительных исследованных функций. Однако через 2,5 часа зрительной работы наблюдается достоверное снижение ($p < 0,05$) количества ошибок с $5,3 \pm 0,9$ до $1,5 \pm 0,43$ и тенденция ($p < 0,1$) к повышению зрительной работоспособности, которая проявляется в снижении времени обработки тест-карт с $81,0 \pm 6,9$ до $66,8 \pm 4,1$ секунд.

Как иллюстрации представлены изменения качественных показателей зрительной работоспособности в динамике эксперимента при освещении светодиодными источниками света с цветовой температурой 4000 и 7900 К: длительность выполнения зрительной задачи (рис. 4) и количество ошибок во время ее выполнения (рис. 5).

Таблица 2

Показатели состояния физиологических функций при использовании источников света Типа 1

Показатели физиологических функций	Время проведения исследования, часы-минуты					
	13.35 (исходные значения перед началом работы)		14.35		16.05	
	$\bar{X}$	m	$\bar{X}$	m	$\bar{X}$	M
Резервы аккомодации (абсолютные отрицательные, Д)						
OD	5,42	$\pm 0,37$	6,0	$\pm 0,49$	6,49	$\pm 0,68$
OS	4,75	$\pm 0,1$	5,17*	$\pm 0,2$	5,42**	$\pm 0,1$
Адипаропия, с	3,83	$\pm 1,56$	2,83	$\pm 0,82$	3,98	$\pm 0,91$
Зрительная работоспособность, с	67,1	$\pm 5,4$	67,8	$\pm 6,0$	70,7	$\pm 6,2$
Количество ошибок	4,96	$\pm 0,9$	1,92**	$\pm 0,4$	2,83*	$\pm 0,6$
Отрицательный последовательный контраст, с	12,7	$\pm 1,2$	10	1,0	9,75*	$\pm 1,0$
Кратковременная память, баллы	7,58	$\pm 0,5$	8,38	$\pm 0,68$	8,0	$\pm 0,43$

Примечание. Тут и в табл. 3. * тенденция к изменениям в сравнении с исходным значением ($p < 0,1$);

** достоверность изменений в сравнении с исходным значением ($p < 0,05$).

Таблиця 3

Показатели состояния физиологических функций при использовании источников света Типа 2

Показатели физиологических функций	Время проведения исследования, часы-минуты					
	13.35 (исходные значения перед началом работы)		14.35		16.05	
	$\bar{X}$	m	$\bar{X}$	m	$\bar{X}$	M
Резервы аккомодации (абсолютные отрицательные, Д						
OD	4,0	$\pm 0,3$	3,25	$\pm 0,3$	4,6	$\pm 0,5$
OS	3,3	$\pm 0,3$	4,0	$\pm 0,3$	4,1	$\pm 0,4$
Адиспаропия, с	4,5	$\pm 1,3$	6,8	$\pm 2,0$	6,8	$\pm 2,5$
Зрительная работоспособность, с	81,0	$\pm 6,9$	70,0	$\pm 4,4$	66,8*	$\pm 4,1$
Количество ошибок	5,3	$\pm 0,9$	3,9	$\pm 0,9$	1,5**	$\pm 0,43$
Отрицательный последовательный контраст, с	15,9	$\pm 2,0$	16,0	$\pm 2,1$	18,6	$\pm 1,4$
Кратковременная память, баллы	7,8	$\pm 0,6$	6,1	$\pm 0,4$	6,4	$\pm 0,7$

На рисунке 6 представлено обобщенную сравнительную характеристику зрительной работоспособности при работе с источниками света СД 7900 и 4000 К в динамике трехдневного эксперимента.

Как видно из рисунка 4, при работе в условиях освещения, которое создается светодиодами с цветовой температурой 7 900 °К, имеет место тенденция к повышению зрительной работоспособности на протяжении трех дней на 48 % относительно первого дня. При освещении светодиодами с цветовой температурой 4 000 °К, некоторое повышение зрительной работоспособности на второй день на 15 %, сменяется ее снижением на 9 %.

В процессе выполнения зрительной работы с тест-картами в сидячем положении, при использо-

вании светодиодов с цветовой температурой 7900 К, приведенные в таблице 4 показатели периферического артериального давления у испытуемых через 1 и 2,5 часа практически не изменялись ($p > 0,05$). Достоверно снижалась частота пульса с $79,5 \pm 2,4$ уд./мин, перед зрительной работой, до $72,1 \pm 2,2$ уд./мин через 1 час и до $68,6 \pm 2,6$ уд./мин через 2,5 часа ($p < 0,05$). Подобные изменения показателей системы кровообращения — снижение частоты пульса на 6—12 ударов в минуту характерно для выполнения сидячей работы и могут возникать под влиянием монотонного труда и низкого уровня двигательной активности, низкого уровня стимуляции центральной нервной системы, которое приводит к снижению уровня бодрствования [6, 7].

Рис. 4. Изменение зрительной работоспособности в течение эксперимента (длительность выполнения зрительной задачи, с).

Примечание. * Тенденция к изменениям в сравнении с исходным значением ($p < 0,1$).

Рис. 5. Изменение зрительной работоспособности в течение эксперимента (количество ошибок на одно тест-задание).

Примечание. * Тенденция к изменениям в сравнении с исходным значением ($p < 0,1$); ** Достоверность изменений в сравнении с исходным значением ($p < 0,05$).

Рис. 6. Сравнительная характеристика зрительной работоспособности при работе в условиях освещенности источниками света LED 7900 и 4000 К.

В таблице 5 показано, что показатели субъективной оценки условий эксперимента в баллах практически не изменялись: комфортность освещения (в среднем, хорошо — отлично), сложность зрительной задачи (в среднем, простая — очень простая), оценка спектра освещения (в среднем, холодный — нейтральный), психологическая реакция на спектр освещения (в среднем, слегка позитивная), оценка самочувствия (в среднем, нормальное — бодрое). При этом, наблюдалась тенденция к ухудшению субъективной оценки самочувствия с $3,88 \pm 0,19$ баллов до $3,25 \pm 0,29$ баллов ($p < 0,1$).

При выполнении зрительной работы в условиях освещения зрительного объекта СД с цветовой температурой 4000 К отмечалось снижение частоты пульса на уровне тенденции ($p < 0,1$), однако, достоверно ухудшалась субъективная оценки самочувствия с $4,10 \pm 0,1$ до $3,18 \pm 0,2$ баллов ($p < 0,05$).

Такие изменения физиологических и психофизиологических показателей свидетельствуют о том, что условия труда при использовании в системе комбинированного освещения СД с цветовой температурой 4000 К является более сильным физиологическим раздражителем для центральной нервной системы, чем освещение с использованием светодиодов с цветовой температурой 7900 К.

Практические рекомендации по использованию светодиодных источников света

Полученные данные экспериментальных исследований предоставляют возможность обозначить

Таблица 4
Изменения артериального давления, частоты пульса и субъективной оценки освещенности (источники света Тип 2)

	Показатели системы кровообращения			Субъективная оценка условий эксперимента, баллы				
	АДС, мм рт.ст.	АДД, мм рт.ст.	ЧП, уд./мин.	Комфортность освещения	Тяжесть зрительной задачи	Спектр освещения	Психологическая реакция на спектр	Самочувствие
Перед работой	$118,9 \pm 2,0$	$71,9 \pm 2,3$	$79,5 \pm 2,4$	$4,23 \pm 0,17$	$2,08 \pm 0,18$	$2,38 \pm 0,22$	$4,15 \pm 0,25$	$3,88 \pm 0,19$
Через 1 час	$117,7 \pm 2,6$	$70,6 \pm 2,2$	$72,1 \pm 2,2$	—	—	—	—	—
t_p	—	—	$2,27^{**}$	—	—	—	—	—
Через 2,5 часа	$119,5 \pm 2,6$	$72,2 \pm 2,0$	$68,6 \pm 2,6$	$4,25 \pm 0,19$	$2,25 \pm 0,2$	$2,63 \pm 0,21$	$4 \pm 0,26$	$3,25 \pm 0,29$
t_p	—	—	$3,09^{**}$	—	—	—	—	$1,82^*$

Примечание. Тут и в табл. 5. * Тенденция к изменению в сравнении с исходным значением ($p < 0,1$);

** Достоверность изменений в сравнении с исходным значением ($p < 0,05$).

Таблица 5
Изменения артериального давления, частоты пульса и субъективной оценки освещенности (источники света Тип 1)

	Показатели системы кровообращения			Субъективная оценка условий эксперимента, баллы				
	АДс, мм рт. ст.	АДд, мм рт. ст.	ЧП, уд./мин	Комфортность освещения	Тяжесть зрительной задачи	Спектр освещения	Психоло- гическая реакция на спектр	Самочувствие
Перед работой	118,1 ± 2,6	69,6 ± 2,5	77,7 ± 3,0	4,64 ± 0,15	1,73 ± 0,14	4,00 ± 0,12	4,82 ± 0,12	4,10 ± 0,10
Через 1 час	117,2 ± 2,5	70,0 ± 2,7	72,4 ± 2,1	—	—	—	—	—
t_p	—	—	—	—	—	—	—	—
Через 2,5 часа	118,7 ± 2,2	71,7 ± 2,1	68,9 ± 2,5	4,55 ± 0,15	2,00 ± 0,18	4,00 ± 0,15	4,73 ± 0,13	3,18 ± 0,22
t_p	—	—	1,99*	—	—	—	—	3,85**

предварительные рекомендации по использованию светодиодных источников освещения типа «Acricchi»:

- 1) использование осветительных установок на основе светодиодных источников света типа «Acricchi» с цветовой температурой 7900 К можно рекомендовать для производственных помещений, в профессиях, где производственный процесс требует длительного выполнения однообразных работ, например, швейное производство, обувная промышленность и т. п.;
- 2) световая среда, которая создается светильниками со светодиодными лампами на основе светодиодов «Acricchi» с цветовой температурой 4000 К способствует быстрому повышению зрительной работоспособности до достаточно высокого уровня, что через некоторое время приводит к ее истощению и снижению качества работы (увеличение ошибок, некоторое ухудшению самочувствия согласно его субъективной оценке испытуемыми). Основываясь на предварительных данных, осветительные установки с подобными светодиодными лампами можно использовать при работах, требующих высокого, но кратковременного напряжения зрительных функций. Рациональная организация труда, в данном случае, должна предусматривать небольшие частые перерывы (3–5 минут) с целью восстановления функционального состояния организма.

Выводы

1. Примененный комплекс экспресс-методов оценки состояния зрительных функций позволяет провести их адекватную оценку в динамике выполнения зрительной работы в условиях освещения источниками света типа светодиодов «Acricchi», а разработанные для данного эксперимента тестовые карты позволяют оценить качественные и количественные параметры зрительной работоспособности.
2. Анализ состояния зрительных функций свидетельствует о том, что уровень различительной функции глаза не изменялся. Резервы аккомодации органа зрения, в некоторой мере, повышаются в серии исследований с СД 4000 К. Активность процессов сетчатки повышается при работе в условиях освещения СД с цветовой температурой 7900 К.

3. При анализе состояния зрительной работоспособности установлено тенденцию к повышению качественных и количественных показателей при освещении светодиодами с цветовой температурой 7900 К. При более высоком уровне работоспособности в условиях освещения светодиодами с цветовой температурой 4000 К наблюдается заметное снижение качества выполнения работы и развитие утомления.
4. При выполнении тестовой зрительной работы в условиях использования светодиодов у испы-

туемых отмечается снижение частоты пульса на 7–11 ударов в минуту, что является характерной реакцией системы кровообращения на сидячую работу и довольно низкий уровень стимуляции центральной нервной системы. При этом, более выраженный эффект оказывает зрительная работа в условиях освещения светодиодами с цветовой температурой 4 000 К.

5. Для определения отдаленных последствий влияния освещения светодиодов на организм человека необходимы дальнейшие долговременные наблюдения в производственных условиях.

Література

1. Иоффе К. И. Влияние спектра излучения различных источников света на организм человека / К. И. Иоффе // Світлотехніка та електроенергетика.– 2010.– № 3–4.– С. 58–61.

2. Мартиросова В. Г. Гигиенические аспекты применения светодиодных источников света в системах освещения на предприятиях Украины / В. Г. Мартиросова, В. И. Назаренко, В. М. Сорокин, А. Д. Галинский // Укр. журн. з пробл. медицини праці.– 2009.– № 3.– С. 65–72.

3. Мартиросова В. Г. Исследования влияния излучения светодиодных источников света на некоторые системы организма / В. Г. Мартиросова, В. И. Назаренко, В. М. Сорокин, А. Д. Галинский // Світло-Люкс.– 2011.– № 2.– С. 42–47.

4. Мартиросова В. Г. Оценка напряженности электростатического поля на экранах различных типов дисплеев и его гигиеническое значение / В. Г. Мартиросова, В. И. Марченко // Гигиена труда.– Республ. межвед. сб. Вып. 27.– 1991.– С. 68–71.

5. Мешков В. В. Осветительные установки / В. В. Мешков, М. М. Епанешников // Осветительные установки.– М.: «Энергия».– 1972.– С. 256–262.

6. Профессиональный риск: справочник: под ред. акад. РАМН Н. Ф. Измерова и Е. И. Денисова.– М.: Социздат, 2001.– 267 с.

7. Руководство по физиологии труда: под ред. З. М. Золиной, Н. Ф. Измерова.– М.: Мед.– 1983.– 528 с.

8. Boyce P. Education: the key to the future of lighting practice / Boyce P. // Lighting Research Technology.– 2006.– V. 38.– P. 283–294.

9. Fryc I. Experiment on Visual Perception of Pulsed LED Lighting – Can It Save Energy for Lighting /I. Fryc, W. Davis, Y. Ohno // Proceedings of CIE 2010 «Lighting Quality and Energy Efficiency».– Vienna, Austria, 14–17 March 2010.– 2010.– P. 287–289.

10. Khanh T.Q. LED – A Technology for Quality and Energy Efficiency / T.Q. Khanh // In: Proceedings of CIE 2010 «Lighting Quality and Energy Efficiency».– Vienna, Austria, 14–17 March 2010.– 2010.– P. 34–40.

11. Lighting Quality and Energy Efficiency. Proceedings of CIE 2010.– Vienna, Austria, 14–17 March 2010.– 2010.

12. Pawlak A. LED Luminaire with Adjustable Color Temperature /A. Pawlak, K. Zaremba // Proceedings of CIE 2010 «Lighting Quality and Energy Efficiency».– Vienna, Austria, 14–17 March 2010.– 2010.– P. 811–815.

13. Pousset N. Visual Experiment on LED Lightning Quality with Color Quality Scale Colored Samples / N. Pousset, G. Obein, A. Razet // Proceedings of CIE 2010 «Lighting Quality and Energy Efficiency».– Vienna, Austria, 14–17 March 2010.– 2010.– P. 722–728.

14. Sliney D.H. Health and Safety Implications of New Lighting Technologies/ D.H. Sliney // Proceedings of CIE 2010 «Lighting Quality and Energy Efficiency».– Vienna, Austria, 14–17 March 2010.– 2010.– P. 21–22.

15. Thapan K. An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans / K. Thapan, J. Arendt, D. J. Skene // Journal of Physiology.– 2001.– V. 535 (1).– P. 261–267.

ФІЗІОЛОГО-ГІГІЄНИЧНА ОЦІНКА ВИПРОМІНЮВАННЯ СВІТЛОДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА

Мартиросова В. Г.¹, Назаренко В. І.¹, Сорокін В. М.², Галинський А. Д.³

¹ДУ «Інститут медицини праці НАМН України», м. Київ

²Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова НАН України, м. Київ

³НВП «Аеропласт»

Проведено вимірювання складових електромагнітного випромінювання світлодіодних джерел світла (СДДС) на основі світлодіодів типу «Acriche» фірми Seoul Semiconductor і вивчено їхній вплив на функціональний стан органу

зору, ЦНС і серцево-судинної системи в 4-х здорових волонтерів при виконанні зорової роботи високої точності в умовах шестиденного лабораторного експерименту. Вивчення зорової працездатності та інших фізіологічних функцій при освітленості на тест-об'єкті 180–200 лк показало, що динаміка змін показників залежить від кольорової температури використаних СДИС – 4000 і 7900 К. Надано попередні рекомендації щодо застосування світлодіодних джерел світла в системах промислового освітлення.

Ключові слова: світлодіоди, система освітлення, кольорова температура, зорова працездатність, фізіологічні функції

Martirosova V. G.¹, Nazarenko V. I.¹, Sorokin V. M.², Galinskiy A. D.³

PHYSIOLOGICAL AND HYGIENIC EVALUATION OF RADIATION OF LIGHT EMITTED DIODE SOURCES OF LIGHT

¹SI «Institute for Occupational Health of AMS of Ukraine»

²V. E. Lashkarov Institute of Semiconductors Physics of NAN of Ukraine

³SPE «Aeroplast»

The measurements of compounds of electromagnetic radiation of light emitted diodes (LED) sources of light on the basis of the LED type «Acrich» of Seoul Semiconductor Company. Their effect on the functional state of visual, central nerves and cardiovascular systems in 4 healthy male volunteers, engaged in fulfillment of precise visual work in conditions of 6-day laboratory experiment, was investigated. The study of visual work capacity and other physiological functions at illumination on a test surface 180–200 lx showed that changes in their parameters depended on the color temperature of the used LED – 4000 and 7900 K. Preliminary recommendations on application of LED sources of light in systems of industrial illumination are given.

Key words: LEDs, illumination system, color temperature, visual work capacity, physiological functions

Поступила: 25.02.2011г.

Контактное лицо: Мартирасова Виолетта Генриховна, к. м. н., ст. н. с., лаборатория физических факторов, ГУ «Институт медицины труда НАМН Украины», 01033, г. Киев, ул. Саксаганского, 75. Тел.: (44) 289-15-12.
E-mail: nazarenko-vasil@rambler.ru