

Гигиеническая оценка современных источников света

Андропова Т.В., Волкотруб Л.П.

The hygienic assessment of modern sources of light

Andropova T.V., Volkotrub L.P.

Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск

© Андропова Т.В., Волкотруб Л.П.

Представлена характеристика современных источников искусственного освещения — ламп накаливания и люминесцентных ламп. Показаны их технические, экономические и физиолого-гигиенические преимущества и недостатки. Даны рекомендации по применению современных источников света различного назначения.

Ключевые слова: зрение, биоритмы, искусственные источники света.

This article summarizes the current state of electric lighting systems. Comparing characteristic of different electric sources of light allows to reveal there technical, economical and hygienic advantages. There have been recommended the spheres of application of main types of electric light sources.

Key words: vision, biorhythms, artificial light sources.

УДК 614.3:628.98

Создание оптимальной световой среды, обеспечивающей нормальное функционирование органа зрения и организма человека в целом, представляет одну из актуальных задач гигиены освещения. К естественному освещению организм приспособлен филогенетически, но современный человек более двух третей времени суток проводит в помещениях, где уровень естественного освещения составляет лишь 1—3% от наружного. Естественное освещение является динамичным по интенсивности и цвету.

Предпринимались попытки проведения солнечного света внутрь здания по системе труб. Солнечный свет отражался от плоского зеркала, управляемого компьютером, который отслеживал движение Солнца в дневное время. Так, в 1976 г. в лаборатории Сандия (штат Нью-Мексико, США) два физика провели естественный свет в служебное помещение, не имевшее окон. Такое освещение было не только экономичным, но и обеспечивало оптимальное зрительное восприятие [8].

Искусственное освещение как дополнение к естественному свету или замена его по возможности должно быть подобно последнему. Оно является не только важнейшим условием увеличения продолжительности активной деятельности людей, но также позволяет вести работы в ночное время, в подземных сооружениях, во время полярных ночей и т.д. Использо-

вание искусственного света в качестве оздоровительного фактора является перспективной сферой применений светотехники.

Для характеристики источников искусственного освещения гигиенически значимым показателем является цветовая температура $T_{цв}$, определяющая относительный вклад излучения данного цвета в излучение источника. Цветовая температура ламп накаливания (ЛН) составляет 2 800—3 600 К, при этом светящаяся нить лампы создает высокую яркость, превосходящую абсолютно слепящую, лампа становится источником нагревания окружающего воздуха, так как 70—80% потребляемой электрической энергии приходится на долю теплового излучения и только 5% превращается в свет.

Более эффективными считаются галогенные ЛН с вольфрамово-йодным циклом, который позволяет увеличить температуру и продолжительность работы тела накала и в конечном счете повысить в 1,5—2 раза световую отдачу (до 30 лм/Вт) и срок службы лампы (до 8 000 ч). Другое важное отличие состоит в том, что колба галогенной лампы выполнена из кварцевого стекла, более устойчивого к высокой температуре и химическим взаимодействиям. Благодаря этому размеры галогенных ламп можно уменьшить в несколько раз по сравнению с обычными ЛН такой же мощности. Спектр их излучения близок к естественному,

поэтому их используют для освещения общественных зданий — библиотек, столовых и др. Как и все ЛН, галогенные лампы реагируют на изменение напряжения в сети, увеличение его на 5—6% может привести к почти двукратному сокращению срока службы лампы.

Люминесцентные лампы (ЛЛ) не нагревают окружающий воздух, имеют очень важное преимущество перед ЛН: возможность создавать свет различного спектрального состава — теплый, естественный, белый, дневной, что может существенно обогатить цветовую палитру освещаемого пространства. Немаловажен тот факт, что ЛЛ более экономичны по расходу энергии и сроку службы (от 3 000 до 12 000 ч), имеют в 2 раза большую светоотдачу (75—85 лм/Вт) по сравнению с ЛН при одинаковой мощности. В связи с этим по предложению Европейского союза и при поддержке Федерации европейских электроламповых компаний экономически развитые страны с 2007 г. начали переход в жилом секторе от традиционных ЛН к энергоэффективным люминесцентным [3].

К недостаткам ЛЛ относится зависимость их световых характеристик от температуры окружающего воздуха — они работают в диапазоне температур от 5 до 50 °С; пульсация светового потока при работе на переменном токе — снижение напряжения в сети более чем на 10% приводит к отказу в зажигании; монотонный шум, который сопровождает работу ЛЛ; наличие стробоскопического эффекта — искажения зрительного восприятия движущихся предметов или меняющихся изображений.

Различают ЛЛ низкого и высокого давления. Лампы низкого давления имеют форму цилиндрической трубки, длина и диаметр которой определяют тип и мощность лампы. Интенсивность излучения этих ламп в области ультрафиолетовой (УФ) части спектра незначительна, так как стекло ЛЛ практически не пропускает УФ-лучи [6].

Газоразрядные лампы высокого давления имеют больший уровень светового потока в сравнении с лампами низкого давления и ЛН. Дуговые натриевые лампы высокого давления имеют улучшенный спектр излучения в сравнении с лампами низкого давления. Их применяют для освещения производственных цехов, автострад, туннелей, складов, промышленных объектов, для архитектурного и декоративного освещения.

Люминесцентные лампы, обеспечивающие достаточный уровень освещения, сохраняют тем самым зрение, снижают утомляемость, повышают работоспособность и поднимают настроение; кроме того, спектральный состав их излучения легко варьирует по цвету. Все это делает ЛЛ исключительно привлекательными для потребителей.

В последние годы на рынке появились компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) для освещения жилья. Они практически полностью копируют привычный внешний вид, размеры ЛН и сочетают при этом ее достоинства (компактность, простоту обслуживания) с экономичностью стандартных люминесцентных ламп. Однако не решен вопрос ограничения пульсации светового потока ЛЛ. Традиционные линейные (иногда фигурные) трубчатые ЛЛ, подключенные к сети с помощью электромагнитного пускорегулирующего аппарата (ЭПРА), создают не постоянный во времени, а «микропульсирующий» свет, так как перезажигание лампы происходит 100 раз в секунду. Хотя эта частота выше критической для глаза и, следовательно, мелькание яркости освещаемых объектов не улавливается, пульсация освещения при длительном воздействии может вызывать повышенную утомляемость, снижение работоспособности, особенно при выполнении напряженных зрительных работ — чтении, работе за компьютером, при выполнении хирургических операций и т.д. Поэтому появившиеся достаточно давно одноламповые светильники с линейными лампами рекомендуется использовать в так называемых нерабочих зонах (в прихожих, подсобных помещениях, для подсветки книжных полок и т.д.). В многоламповых светильниках указанная особенность работы ЛЛ практически полностью устраняется.

Для освещения рабочих и жилых помещений люстрами, а также настенными, напольными, настольными светильниками целесообразно применять упомянутые выше КЛЛ. Они укомплектованы специальными ЭПРА, снижающими пульсацию светового потока, так как повышают частоту питающего лампы тока в 10—100 раз. Строгое соблюдение правил устройства освещения, которые включают ограничение блескости (слепящей яркости источников света, снижающей зрительную работоспособность), ограничение пульсации светового потока, обеспечение благоприятного распределения яркости и правильной цветопередачи, полностью устраняет жалобы на люминесцентное освещение [6].

В 2003 г. вступили в действие СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» [10] и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам (ПЭВМ) и организации работы» [11], которые регламентируют пульсацию освещенности практически всех помещений на уровне менее 10%, а для помещений с ПЭВМ менее 5%. Однако массовому потребителю на российском рынке предлагаются дешевые люминесцентные светильники с ЭПРА, не отвечающие современным требованиям по энергосбережению и имеющие низкие эргономические показатели. Коэффициент пульсаций этих ламп колеблется в пределах от 25 до 65%.

Представляют интерес безртутные натриевые лампы высокого давления (НЛВД) типа ДНаТБР. Обладая высокой экономичностью (светоотдача 100—120 лм/Вт), малыми габаритами и достаточно высокой цветопередачей, они не вызывают отрицательных проявлений в функциональном состоянии органа зрения. При «натриевом» освещении создаются лучшие условия для работы аккомодационно-мышечного аппарата, что объясняется большей активностью цилиарной мышцы, лучшей приспособленностью органа зрения в процессе эволюции к желтым лучам [5]. Критическая частота световых мельканий и способность к переключению внимания при освещении НЛВД сохраняется на том же уровне, что и при освещении ЛЛ типа ЛБ [1].

Источники искусственного освещения используют для оптимизации деятельности незрительной системы организма. Видимый цвет источника используется как регулятор циркадного (суточного) биоритма человека. Природным регулятором биоритмов организма человека является солнечный свет.

Эффект воздействия света зависит от его спектрального состава. Воздействие света на рецепторы сетчатки глаза снижает выделение гормона мелатонина [13], который называют гормоном покоя. Максимум эндогенного синтеза мелатонина наблюдается в ночное время — с 23.00 до 05.30. Мелатонин является одним из производных серотонина, совместно с которым осуществляет регуляцию чередования сна и бодрствования. Мелатонин как антиоксидант снижает вредное действие свободных радикалов, стимулирует иммун-

ную систему, снижает кровяное давление, препятствует синтезу гормонов стресса, стабилизирует биоритмы организма. Известно, что ингибирование мелатонина достигает пика при длине волны 460 нм, т.е. в синем диапазоне спектра, при излучении в красном диапазоне выделение мелатонина не подавляется, возникает субъективное ощущение утомления — усталость.

В помещениях, где естественное освещение недоступно или его недостаточно, для искусственной регуляции биоритма предлагается изменять последовательно, в соответствии с биоритмами человека, уровень и спектральный состав излучения источников света на протяжении рабочего дня [4]. Спектральный состав излучения, как было указано выше, определяется цветовой температурой. Диапазон цветовой температуры $T_{цв}$, используемый в источниках освещения, составляет от 3 000 до 6 000 К. Подбирая комбинацию ЛЛ с различной $T_{цв}$, можно обеспечить оптимальное по спектру, соответствующее биоритмам освещение закрытых помещений [7].

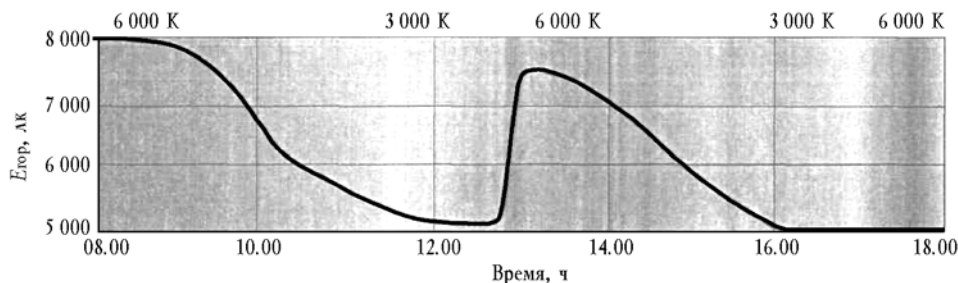
Разработаны ЛЛ нового поколения с высокой цветовой температурой (4 300 К), в частности Chromophare X65 и галогенные лампы Chromophare D650 plus, которые используются в лечебных учреждениях для освещения операционного поля. Они дают максимальный коэффициент циркадного эффекта и, соответственно, вызывают меньшую усталость у персонала при работе в ночное время. Свет с более низкой цветовой температурой (3 400 К) снижает коэффициент циркадного эффекта примерно на 25%.

Эффект подавления секреции мелатонина достигает максимума при интенсивности освещении около 200 лк в течение 6,5 ч ЛЛ ХБЦ [14]. Этот эффект может запаздывать во времени и в конечном итоге приводит к фазовому сдвигу цикла сна и бодрствования, т.е. длительные экспозиции высоких уровней освещенности могут оказывать дестабилизирующее влияние на циркадную систему [12]. Последствия подавления секреции мелатонина после облучения организма в ночное время могут проявиться в развитии злокачественных новообразований и нейродегенеративных заболеваний.

Разработаны рекомендации по использованию ламп с высокой $T_{цв}$ (до 6 000 К), т.е. с достаточно холодным спектром излучения (голубой, синий), в помещениях для активной деятельности человека и ламп с более низкой $T_{цв}$ (2 700—3 500 К), т.е. с теплым

спектром (желтый, оранжевый), в помещениях для отдыха. На рисунке представлен вариант освещения с последовательно варьирующим уровнем освещенно-

сти и $T_{\text{цв}}$ в соответствии с биоритмами человека в течение рабочего дня [5].



Динамика освещения в течение рабочего дня

Таким образом, на основе знаний о незрительной системе организма можно сочетать или подбирать пространственные и спектральные характеристики рационального искусственного освещения, которое вечером и ночью не будет препятствовать секреции мелатонина, будет уменьшать усталость, повышать концентрацию внимания у людей, тем самым поддерживать высокую работоспособность и предупреждать травматизм при работе в ночное время.

Вследствие недостатка естественного света возникают сезонные расстройства, при которых люди испытывают эмоциональную депрессию, упадок физических сил, повышенный аппетит, потребность в более продолжительном сне в осенние и зимние месяцы. Для их профилактики рекомендуется светолечение — пребывание в течение 2—3 ч в световом боксе с уровнем освещенности около 2 500 лк, создаваемой лампами с широким спектром излучения. Световая терапия дает положительный эффект при нарушениях сна, менструального цикла, пищеварения. Однако при этом высока вероятность побочных эффектов, проявляющихся еще долгое время после световых воздействий. Еще не вполне ясно, как влияет на эффект светотерапии время суток, каково влияние степени равномерности света на облученность сетчатки. В этой связи с учетом гипотезы о биологической значимости спектрального состава излучения необходимо с осторожностью подходить к использованию повышенных уровней освещенности и широкого внедрения методов светотерапии в качестве средства оздоровления.

В климатических условиях Сибири искусственная световая среда должна в определенной мере компенсировать недостаток пребывания людей под открытым небом, поэтому источники искусственного освещения

должны обеспечивать общебиологическое действие света, необходимое для профилактики «светового голодания», микробного обсеменения воздушной среды закрытых помещений, повышения иммунобиологической реактивности людей.

Анализ характеристик облученности населения в зависимости от географической широты и времени года показал, что от дефицита ультрафиолетового облучения страдают практически все жители России. В среднем только 4 мес в году человек может обходиться без дополнительного искусственного УФ-облучения. В районах, расположенных севернее 42,5° с.ш., около 50 млн человек могут испытывать «солнечное голодание» [2], поэтому целесообразно УФ-облучение населения лампами полного спектра, достаточно точно воспроизводящими спектр естественного света не только в видимой, но и в УФ-области. Эти лампы необходимо использовать в дошкольных учреждениях, школах для компенсации «светового голодания» в комплексной системе: освещение (повышенные уровни освещенности) — УФ профилактическое облучение (бактерицидные рециркуляторы).

Необходимо пересматривать и расширять номенклатуру облучательных установок как кратковременного, так и длительного действия. В последнее время разработано несколько новых типов облучателей с эритемными люминесцентными лампами. Так, выпускаемые фирмой Osram ЛЛЛ типа Biolux, спектр излучения которых приближен к солнечному и насыщен строго дозированным ближним ультрафиолетом, успешно используются одновременно и для освещения, и для облучения жилых, административных, школьных помещений, особенно при недостаточности естественного света.

Сравнительно новое семейство источников излучения в УФ-диапазоне — эксилампы (от лат. *excito* — возбуждаю), излучающие за счет распада эксимерных молекул, были созданы в 1980-х гг. и являются прорывом в создании новых источников света. Достоинствами их выступают высокая энергетическая светимость, отсутствие светопоглощения на рабочих длинах волн, отсутствие ртути (исключая эксилампы на галогенидах ртути). Все ужесточающиеся требования по эксплуатации и утилизации ртутьсодержащих ламп, используемых в осветительной, аналитической, медицинской аппаратуре, приведут, вероятно, к постепенной замене их на эксилампы [9].

Перспективно использование эксиламп для лечения ряда кожных заболеваний. В частности, ХеСе-эксилампы барьерного разряда со спектром излучения на длине волны 308 нм идеально подходят для лечения таких заболеваний, как псориаз, витилиго, атопический дерматит, экземы и др. КгВг-эксилампа является самой эффективной для инактивации бактериальных культур, так как спектр ее излучения находится вблизи первого (200 нм) и второго (250—270 нм) максимума спектра поглощения ДНК в отличие от ртутных ламп, которые имеют лишь один максимум — 254 нм.

Последние разработки в системе интеллектуального освещения позволяют регулировать световой поток осветительных установок по заданной программе, делать освещение гибким, дают возможность одновременно использовать естественное и искусственное освещение, за счет чего получать существенную экономию электроэнергии. Для успеха в этой области необходимы дальнейшие разработки светотехнических приборов, методов оценки условий освещенности с учетом физиолого-гигиенических требований.

Литература

1. *Абрамова Л.В., Амелькина С.А., Железникова О.Е., Мясоедова Е.И.* Психофизиологическая и гигиеническая

- оценка освещения высокоэффективными источниками света // *Светотехника*. 2001. № 3. С. 13—15.
2. *Афанасьева Р.Ф., Гаврилкина И.Н.* Методика и облучательная техника компенсации «солнечного голодания» населения страны // *Светотехника*. 2004. № 4. С. 20—24.
3. *Аишурков С.Г.* Прощаться с лампами накаливания следует дольше // *Светотехника*. 2007. № 5. С. 68.
4. *Войс П.* Свет и здоровье // *Светотехника*. 2006. № 6. С. 43—48.
5. *Воут ван Боммель.* Динамичное освещение рабочих помещений по уровню освещенности и цвету // *Светотехника*. 2006. № 6. С. 15—18.
6. *Измеров Н.Ф., Суворов Г.А.* Физические факторы производственной и природной среды. Гигиеническая оценка и контроль. М.: Медицина, 2003. С. 66—132.
7. *Луизов А.В.* Глаз и свет. Л.: Энергоатомиздат, 1983. С. 93—103.
8. *Ревель П., Ревель Ч.* Среда нашего обитания. Кн. 3. Энергетические проблемы человечества / пер. с англ. Л.В. Самсоненко, И.М. Спичкина. М.: Мир, 1995. С. 227—228.
9. *Соснин Э.А.* Эксилампы и новое семейство ультрафиолетовых облучателей на их основе // *Светотехника*. 2006. № 6. С. 25—31.
10. *СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.* Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
11. *СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.* Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам (ПЭВМ) и организации работы.
12. *Boivin D.B., James F.O.* Phase-dependent effect of room light exposure in a 5-h advance of the sleep-wake cycle: implication for jet lag // *Journal of Biological Rhythms*. 2002. № 17. P. 266—276.
13. *Brainard G.K., Lewy A.J., Menaker M. et al.* Dose response relationship between light irradiance and the suppressions of melatonin in human volunteers // *Brain Research*. 1988. № 454. P. 212—218.
14. *Zeitler J.M., Dijk D.J., Krunauer R.E. et al.* Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: melatonin phase resetting and suppression // *Journal of Physiology*. 2002. № 526. P. 695—702.

Поступила в редакцию 11.03.2010 г.

Утверждена к печати 13.05.2010 г.

Сведения об авторах

Т.В. Андропова — канд. биол. наук, доцент кафедры гигиены СибГМУ (г. Томск).

Л.П. Волкотруб — д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой гигиены СибГМУ (г. Томск).

Андропова Т.В., Волкотруб Л.П.

Гигиеническая оценка современных источников света

Для корреспонденции

Андропова Татьяна Владимировна, тел. 8-923-408-2014; e-mail: tvandro@mail.ru