

ДИЗАЙН СВЕТОСЦЕНАРИЕВ КОМФОРТНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

*М.О.Васильева, аспирант гр. А-74
Томский политехнический университет,
634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-444-555*

E-mail: marrian@sibmail.com

Научный руководитель – М.С.Кухта, д.ф.н. профессор ОМ ИШНПТ

Современное машиностроение сложная развивающаяся отрасль производства, включает более 70 подотраслей с огромной численностью сотрудников. Совершенствование технологий в промышленной сфере приводит к изменениям в основах труда: профессиях, рабочих местах, способах выполнения операций. Организация деятельности машиностроительного комплекса связана с решением задач эргодизайна производственной среды, главной из которых, является обеспечение комфортных условий труда и здоровьясбережения работающего персонала [1].

Основным гигиеническим фактором формирования технологических процессов в промышленных цехах является освещение. Проблема комфортной световой среды на производстве XXI века остаётся актуальной, особенно на участках операций, где необходимы отслеживание, контроль, принужденная зрительная работа, а так же где присутствует ночной и сменный режим трудовой деятельности. В фактических условиях, когда принятого регламентированными нормами освещения становится недостаточно, выявляется потребность в световых сценариях, позволяющих нивелировать возможные неблагоприятные последствия от монотонного воздействия искусственного освещения [1,2].

В статье рассматривается комплексный подход к решению эргономических задач построения комфортного светового пространства промышленных помещений. Рассматривается концепция светосценариев, интегрирующие двойную природу света для выявления и внедрения искусственного освещения для особых видимых условий на рабочих местах. Представлено обоснование дизайнерской оценки к выбору осветительных элементов для моделирования искусственного освещения с точки зрения аспектов физиологии зрения и психоэмоционального восприятия рабочего света. Демонстрируется системный подход в формообразовании светового оборудования и осветительных систем и размещение их в производственном пространстве [3,4].

Технологические процессы машиностроительного производства с участием человека связаны со значительной физической и психологической напряжённостью, вызванной высокой ответственностью проводимых работ, особенно в условиях несоответствия показателей фактических с нормами пространственной и световой среды. Актуальная потребность в профессиональном решении вопросов формирования полноценной производственной среды в дневное и ночное время связано с пятью объективными обстоятельствами: зрительное восприятие; теории «световой функции»; социально-экономической рентабельностью; эстетикой; информативностью.[5,6].

Свет, явление природное, детерминировано, то есть предсказуемое и описано математически. Проектирование освещения для внутренних пространств имеет специфику объективного и субъективного восприятия света для различных условий деятельности [7]. Объективные критерии определяются с помощью приборов и включают физические, действенные, фотометрические шкалы величин света. Субъективные, устанавливают в процессе психофизиологических исследований

статистическими методами и шкалируются пороговыми значениями зрительных ощущений из функции зрения [8].

Освещение на производстве имеет первостепенное значение и является главным утилитарным инструментом в создание рациональных видимых условий для зрительной работы различной степени сложности, для технической и технологической информативности, для ориентации в пространстве, обеспечения безопасности персонала [9].

Главным критерием комфортности освещения может служить природная среда. Дефицит естественного освещения, в его суточной и сезонной нестабильности, могут компенсировать современные лампы и осветительные системы, которые позволят моделировать свет Солнца и неба в интерьерах. Лучшими световыми условиями для рабочих мест считаются те, которые сочетают три вида освещения: комбинированное с естественной инсоляцией; общее искусственное освещение; специальный дополнительный свет [10,11]. Световой дискомфорт на рабочих местах может выражаться как в отсутствии одного типа освещения, так и в неравномерном распределении яркости освещения - зрительной индукции, ослепленности, что является фактором быстрой зрительной утомляемости [11].

Для представленного исследования определены характерные визуально-пространственные и психоэмоциональные условия, которые негативно влияют на человека в производственных цехах:

- закрытые, герметизированные помещения (отсутствие оконных или фонарных проемов);
- большая протяженность промышленного помещения;
- запыленность световых проемов;
- несвоевременная замена перегоревших ламп;
- ощущения, вызываемые недостаточным временем инсоляции в помещении, топография местности;
- однообразное, скучное освещение на рабочих местах для людей со сменным графиком работы;
- климатические факторы (производство в сложных фотопериодических условиях, например, северных регионах и солнечная радиация южных районов) [12,13].

Согласно эргономическим исследованиям установлено, что показателем эффективности трудовой деятельности является присутствие природного освещения в рабочих процессах. Доказано, что при естественном свете производительность труда на 10% выше, чем при использовании только искусственного освещения [11]. Проводился опрос группы респондентов эмпирическим методом с целью определения причин дискомфорта от влияния комбинированного освещения на эмоциональный настрой в рабочем процессе. В 6 случаях из 10, респонденты выражали, что сочетание естественного и искусственного света в помещениях может вызывать зрительное и эмоциональное неудобство. Поэтому для обеспечения световой стабильности предлагается имитировать солнечный свет посредством искусственных источников и использовать его в качестве дополнительного, фонового динамичного освещения [12,13].

Дефицит природного света на протяжении длительного рабочего времени вызывает ощущение монотонности, как следствие нарушение циркадных ритмов, как следствие - десинхроноз. Такие условия могут возникать в северных регионах из-за географических особенностей и специфики фотопериодизма [8, 10].

Наряду с общими нормами освещения, регламентирующими уровень освещенности в разных цехах, в проектировании освещения необходимо учитывать отраслевые нормы, построенные с учетом действительных условий зрительной работы. Параметры оценки качества света для имитационного моделирования световой производственной

среды должны быть едиными для естественного и искусственного освещения. Это позволит согласовать две стороны одной задачи и обеспечить незаметный переход от естественного к искусственному освещению, тем самым сгладить психофизиологические особенности восприятия рабочего процесса операторов в ночные и вечерние смены [7,13].

Анализ характеристик двух типов освещения выявляет, что для их идентичного восприятия необходимо адаптировать относительные параметры спектра и яркости Солнца с помощью современных источников. Здесь необходимо учитывать, что распределение яркости является решающим фактором зрительного восприятия. Известен тот факт, что, разнспектральный свет усиливает неоднородность световой среды, а одноцветное излучение источников с плохой цветопередачей, например, натриевых ламп, зрительно гомогенизирует видимое пространство [7].

Для проектирования световой концепции имитации видимых характеристик солнечного солнца, в интерьере в исследовании выявляются его визуальные характеристики в диапазоне длины волны спектра 480-780 нм.

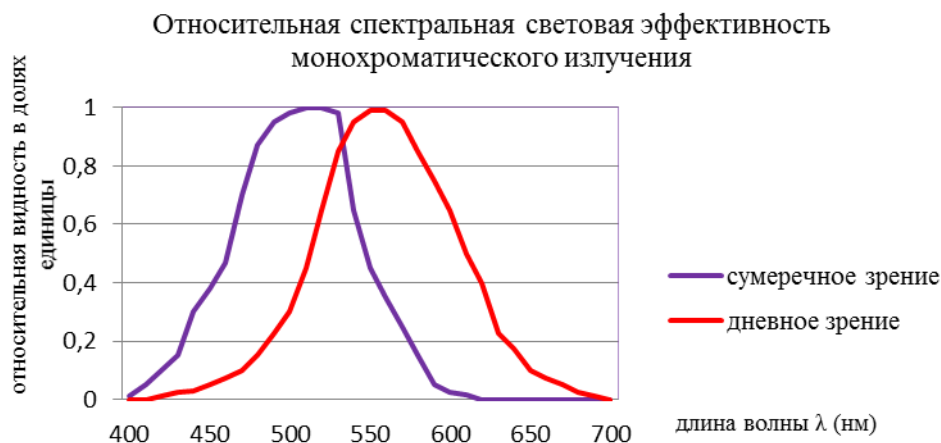


Рис. 1. Относительная спектральная чувствительность глаза к излучению различных длин волн.

На рис. 1 представлены кривые относительной спектральной чувствительности глаза при сумеречном и дневном свете. Максимальная чувствительность глаза при дневном свете при длине волны – 555 нм, а при сумеречном свете – 507 нм, что в цветовом спектре соответствует зелёно-желтому диапазону [7,10].

Оптимальная освещенность производственных цехов, согласно проводимым исследованиям, среди 1300 рабочих, в том числе пожилых, составляет 1000-1200лк. К определению выбора типов искусственного источников освещения необходимы принципы комплексного подхода [12].

Гипотеза представленного исследования заключается в том, что для ощущения реалистичности светового дня недостаточно создания беспеременного освещения, отсутствие световой динамики на протяжении длительного времени (сменный график работы), может ухудшать не только зрительное восприятие, но и негативно сказаться на общем самочувствии, впоследствии скажется на психоэмоциональном здоровье человека.

Чтобы осуществить идею имитации света Солнца и его движения в интерьере производственного пространства необходимо провести анализ современной элементной базы источников света с учетом особенности их управления. К выбору ламп, в специфике помещений цехов, необходимо применять комплексный подход,

который будут соотнесены характер зрительной работы, конструктивные особенности здания и его инсоляцию. Кроме того, наряду со светотехническими характеристиками источников света, особое внимание уделить топографическому месторасположению цехов с точки зрения экологических аспектов использования ламп, поскольку для сохранения чистоты окружающей среды в отдельных районах важным является минимизация вредных твердых и газообразных, отходов от использования ламп. К критериям, определяющим выбор ламп, рассмотренных в таблице 1, для создания комфортных светосценариев, добавлен аспект наличия опасных составляющих и элементов (стеклянные колбы, вредные вещества и др.) [14].

Таблица 1. Сводная таблица известных параметров характеристик ламп различного типа.

Параметры сравнительных характеристик	Различные типы источников искусственного света							Светодиодные светильники
	Лампы накаливания		Люминесцентные лампы		Разрядные лампы			
	Обычная	Галогенная	Компактная	Обычная люминесцентная	Ртутная разрядная	Металлогалогенная	Натриевая	
Средний срок эксплуатации, часы	1000	2000-3000	10000	10000-15000	12000-15000	6000-12000	20000	50000-100000
Индекс цветопередачи, R _c	80-90	80-90	70-80	70-80	45	80-90	25	75-95
Цветовая температура, К	2400-2700	3000	2700-6000	2700-6000	9000-10000	3000-6000	2000	2800-10000
Стробоскопический эффект	нет	нет	есть	есть	есть	есть	есть	нет
Наличие вредных веществ	нет	нет	есть	есть	есть	есть	есть	нет
Наличие опасных составляющих элементов	есть	есть	есть	есть	есть	есть	есть	нет
Специальные условия хранения	нет	нет	есть	есть	есть	есть	есть	нет

Сравнительный анализ светотехнических характеристик светильников для разработки дизайнерского решения комфортного динамичного светосценария в дневное время в производственных помещениях, были выбраны светодиодные светильники по светотехническим, энергетическим, габаритным и характеристикам [14]. Однако, такие светильники имеют существенный недостаток в том, что не все их разновидности диммируются, поскольку конструкция обычной [светодиодной лампы](#) содержит микровыпрямитель, который преобразовывает переменное напряжение 220В в постоянное. Это устройство имеет только два положения для регулировки света – включить и выключить. Диммер позволяет плавно изменять освещенность в диапазоне от 10 до 100% [15,16].

Поскольку светодиодные лампы по техническим и размерным характеристикам имеют широкий диапазон, определив конкретные задачи в моделировании технологически сложных светосценариев имитации естественного освещения, рекомендуется комбинировать лампы различного спектра, яркости и цветовой температуры в единый элемент конструкции, см. таб. 2.

Таблица 2. Сравнительные характеристики естественного солнечного света и светодиодного светильника типа Небосвет-1.

Описание характеристик света светодиодного светильника Небосвет-1	Характеристики естественного света Солнца
Диапазон светового излучения 380-760 нм	Видимый спектр солнечного света
Цветовая температура 4600 К	Цветовая температура солнечного света в полдень, белый свет
Световой поток 4500 лм	Соответствует обычной освещенности в средних широтах
Форма квадратный элемент	Рекомендуется компоновка световых элементов в круглой форме конструкции арматуры
Индекс цветопередачи (CRI) 90%	Индекс цветопередачи (CRI) более 80%

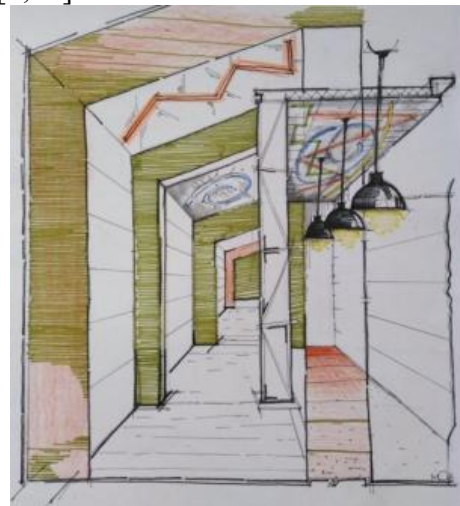
Световой сценарий осветительных систем Небосвет-1, Небосвет-2, с характеристиками в таблице 2, создавались для цветопередачи высокого качества. Такие системные светоэлементы предназначены для использования в художественных мастерских, содержит светодиодные элементы несколько типов с различной цветовой температурой в одной конструктивной комплектации. Подобные типы систем искусственного света могут применяться в имитации естественного освещения в закрытых производственных помещениях, что позволит моделировать стабильный дневной свет небосвода в полдень [16].

Управлять яркостью и цветовой температурой освещения можно программно, включением-отключением различных групп светильников как показано на рисунке 2а. Концепция такого предложения освещения в том, что симуляция естественного света как бы происходит в реальности, а цветовая температура источников постепенно изменяется от утреннего Солнца к закату, с акцентом в полуденном режиме [16, 17].

В идее моделирования естественного светового сценария предлагаются для производственных цехов, на рисунке 2б рассмотрен композиционный прием, способный обеспечить иллюзию движения освещения, нивелирующее ощущение монотонности света графическими способами [3,14].



а)



б)

Рис.2 Эскизы светового решения освещения производственных помещений.

а) имитация дневного динамичного режима естественного света; б) статичный режим освещения с эффектом движения посредством графического композиционного приема. Эскизы Васильевой М.О.

Кроме того, для промышленных пространств, могут применяться современные оптические осветительные технологии, для имитации иллюзии естественного света небосвода (рисунок 3а), а так же традиционные приемы движения и отражения света от поверхностей (рисунок 3б).



Рис.3 Использование современных и традиционных оптических приемов в обеспечении комфортного освещения производственных помещений. Голографический фон на потолке (слева), отраженный свет от плоскости потолка (справа). Эскизы Перминова С.А, Васильченко Н.А.

Выводы исследования:

1. Рассмотрены основные аспекты проблемы создания комфортного искусственного освещения в производственных световых условиях цехов. Выявлены причины, которые оказывают негативное влияние на восприятие смены сезонных и суточных световых ритмов, тем самым снижают работоспособность и наносят вред здоровью работающего персонала в производственных помещениях.

2. Актуализирована потребность в коррекции световых условий к адаптации в синхронизации циркадных ритмов работающего контингента, их влияние на психофизиологическое восприятие.

3. Изучены визуальные характеристики свойства Солнечного света и возможности его имитации с помощью современных адаптивных источников света.

4. Определена специфика искусственных источников света, характеристики которых позволяют имитировать естественный Солнечный свет.

5. Представлены эскизы симуляции комфортного освещения с управляемыми светосценариями.

Список использованной литературы:

1. Лойко А.О. Проблемы отрасли машиностроения России в условиях мирового кризиса и пути их преодоления // научное сообщество студентов ххi столетия. Экономические науки: сб. Ст. По мат. Ххvii междунар. Студ. Науч.-практ. Конф. № 12(27). Url: [http://sibac.info/archive/economy/12\(27\).pdf](http://sibac.info/archive/economy/12(27).pdf) (дата обращения: 14.09.2019).

2. Ефимов А.В. и др. Дизайн архитектурной среды: Учеб.для вузов/ Г.Б.Миневрин, А.П.Ермолаев, А.В.Шимко, Н.И.Щепетков, А.А.Гаврилина, Н.К.Кудряшов – М.:Архитектура-С, 2004-504 с.ил.

3. Шевелев И.Ш. Принципы пропорций: о формообразовании в природе мерной трости древнего зодчего, архитектурном образе, двойном квадрате и возникающих подобиях.—М.: Стройиздат, 1986. — 200с., ил.

4. Щепетков Н.И. Световой дизайн города: учеб. пособие – М.:Архитектура-С, 2006-320с.:ил.

5. Кухта М.С., Хомушку О.М., Хмелевский Ю.П., Куценко Л.Е. Дизайн интерьерных световых панно с использованием LED-технологий // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. . -2017.- №1(32) , стр.96-99. Изд-во: [Уральский Орден "Знак Почета" научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт РААСН](#)(Екатеринбург)ISSN: 2074-2932.

6. Шапин Е.В. Использование современных технологий освещения при проектировании объектов средового дизайна // Концепт.-2014.-Спецвыпуск №6.-ART14576. – 0.3п.л. – [URL:http://e-koncept.ru/2014/14576.htm](http://e-koncept.ru/2014/14576.htm). - [Гос. рег Эл № ФС 77-49965.- ISSN 2304-120X](#).

7. Брейнард Дж.К., Бернекер К.А. Влияние света на физиологию и поведение человека // Светотехника.– 1996.– № 1–2. – С. 10–13.

8. ЧащинВ.П., ГудковА.Б., ПоповаО.Н, ОдландЮ.О., КовшовА.А. Характеристика основных факторов риска нарушения здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/harakteristika-osnovnyh-faktorov-riska-narusheniy-zdorovya-naseleniya-prozhivayuschego-na-territoriyah-aktivnogo-prirodopolzovaniya> (дата обращения 16.03.2019.).

9. Филин В.А. Видеоэкология. Что для глаз хорошо, что - плохо. - М.: МЦ "Видеоэкология", 1997.

10. Зарипов А.А., [Янович К.В.](#), Потапов Р.В., [Корнилова А.А.](#) Современные представления о десинхронозе./ [Современные проблемы науки и образования](#). Издательство: [Издательский Дом "Академия Естествознания"](#)(Пенза),№3 2015, стр.176. eISSN: 2070-7428.

11. Рунге В.Ф. Эргономика и оборудование интерьера: Учеб. пособие. - М.:Архитектура-С, 2011.

12. Гусев Н.М. Освещение промышленных зданий. 1968.

13. Гусев Н.М. Свет в архитектуре. 1937 г.

14. Васильева М.О., Кухта М.С. Светодизайн интерьера: традиции и современность/ Вестник СПГУТД / Дизайн. Материалы. Технологии. / — 2018. — №4 (52). – С. 35-41.

15. ВасильеваМ.О., КухтаМ.С. Принципы разработки световых сценариев: управление светом в интерьере. [АКАДЕМИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН](#) Издательство: [Уральский Орден "Знак Почета" научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт РААСН](#) (Екатеринбург) ISSN: 2074-2932.

16. Иванов А. В., Фёдоров А. В., Зайченко Т. Н., Целебровский И.В. Исследование и разработка элементов и узлов системы управления светодиодным источником света с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-i-razrabotka-elementov-i-uzlov-sistemy-upravleniya-svetodiodnym-istochnikom-sveta-s-uluchshennymi-tehnicheskimi-i> (дата обращения 12.03.2019.)

17. Васильева М.О., Галич М.В. Эргономика элементов управления в дизайне интерьерных светильников комбинированного освещения // Труды Академии технической эстетики и дизайна. — 2018. — №2. С.27-30.

Сведения об авторах:

Васильева Марианна Олеговна, аспирант ТПУ адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, e-mail: marran@sibmail.com.