

«РОЛЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВИЗУАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ»

НИУ «МЭИ»

к.т.н., доц., научный эксперт проекта ООН по
развитию энергоэффективного освещения в России

Гвоздев Сергей Михайлович

Москва
2013 г.

Соединение задач энергосбережения и обеспечения безопасности человека являются на сегодня наиважнейшей частью развития светотехники

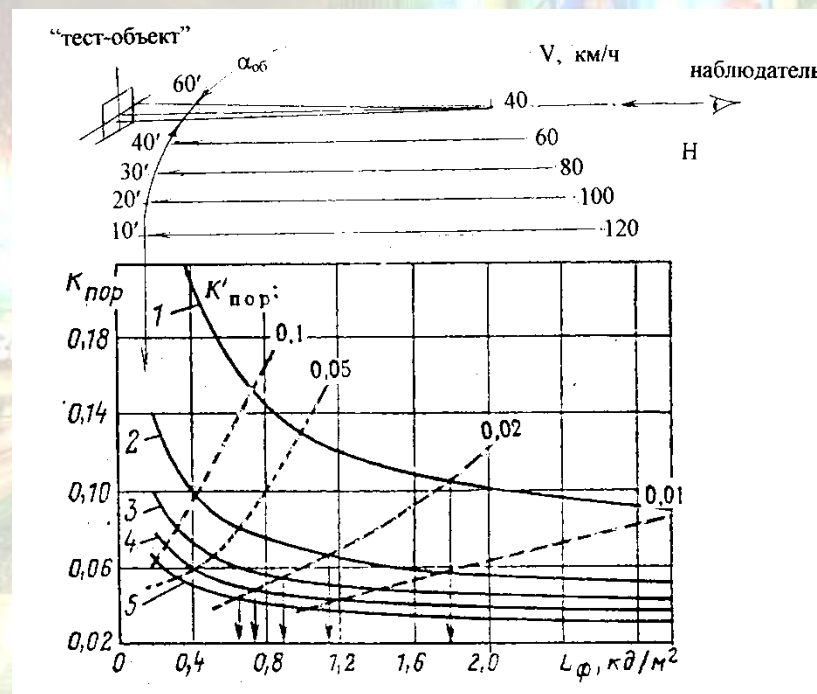
- Оценка восприятия визуальной информации, определяемой цветоцветовой средой, является фундаментальной частью теоретической светотехники. Современная база научных исследований в области психофизиологии совместно с практическими средствами светотехники, оптики и компьютерной техники позволяют учитывать распределение яркости и цветности в разнообразных цветоцветовых средах и **перейти к прямому нормированию по уровню видимости.**
- Критерием регулирования цветоцветовой среды может служить уровень зрительной задачи или уровень видимости. **Современное использование косвенного нормирования по освещенности и яркости оптимизировано под проектирование осветительной установки, но не дает возможности использовать регулирование освещения в соответствии с визуальным восприятием водителя транспортного средства и тормозит развитие и внедрение энергоэффективного освещения в РФ.**
- Управление и регулирование осветительной установки по распределению яркости в поле наблюдения, должно учитывать также распределение цветности, поскольку **различный спектральный состав источников излучений в значительной степени влияет на видимость, нормирование же использует только яркостной контраст, который определялся традиционно по излучению тепловых источников (лампы накаливания).**

Современные методики проектирования уличного освещения не учитывают спектрального состава освещения, а их критерии основаны на понятии порогового контраста ахроматического светлого объекта на темном фоне

В современных нормах уличного освещения в качестве основного фотометрического показателя используется средняя яркость дорожного покрытия.

Основой для выбора нормируемых значений яркости является графические зависимости $K_{\text{пор}} = f(L_{\text{фона}})$ для разных угловых размеров тест-объекта:

- Скорость автомобильного движения на дороге и длина критического пути определяют угловой размер препятствия
- По эмпирическим формулам рассчитываются зависимости порогового контраста и скорости его изменения от яркости фона – средней яркости дорожного покрытия
- Определение диапазона значений средних яркостей дорожного покрытия для улиц с различной скоростью движения, т.е. определение точек пересечения графиков $K_{\text{пор}} = f(L_{\text{фона}})$ и $K'_{\text{пор}} = f(L_{\text{фона}})$
- Выбор конкретного диапазона из условия, что максимальная яркость дорожного покрытия на улице с оживленным движением находится в пределах 2 кд/м^2



В 1995 году МКО рекомендовал использовать критерий уровня видимости V_L для оценки качества освещения автомобильных дорог

$$V_L = \frac{\Delta L_{\phi}}{\Delta L_{\pi}}$$

V_L - уровень видимости

ΔL_{ϕ} - фактическая разность яркости объекта и фона

ΔL_{π} - пороговая разность яркости объекта и фона

Рекомендации по уровню видимости для освещения автомобильных дорог по техническому отчету CIE prCEN/TR 13201-1

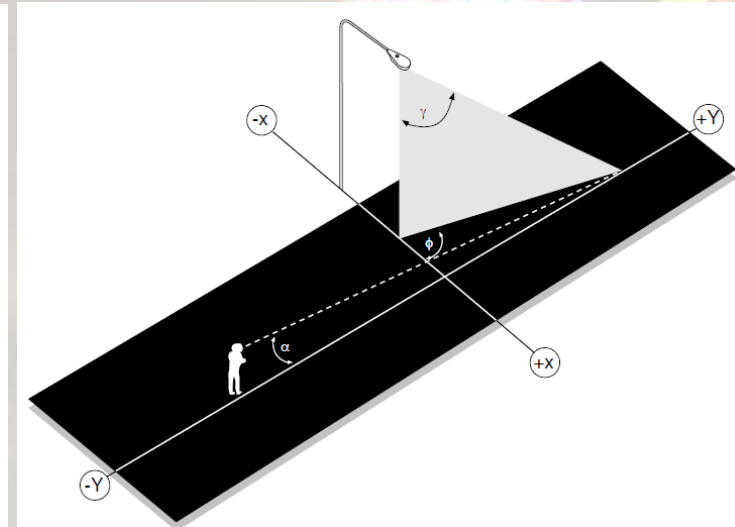
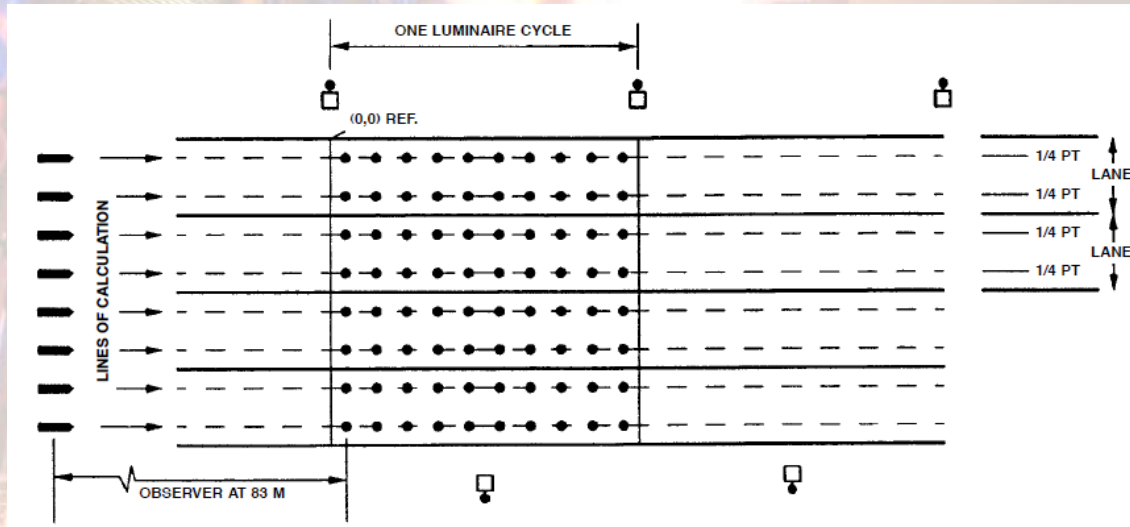
Класс освещения (Lighting class)	Уровень видимости (V_L minimum mainted)	Средняя яркость, кд/м ² (Luminance minimum maintad)	Продольная неравномерность (L_{\min}/L_{\max} minimum maintad)	Пороговое приращение яркости, % (Threshold increment initial)
M1	7,5	1,0	0,2	10
M2	7,0	1,0	0,2	10
M3	6,0	0,7	0,2	10
M4	5,5	0,5	0,2	10
M5	5,0	0,5	0,2	10

Рекомендации по уровню видимости для освещения автомобильных дорог по техническому отчету ANSI / IESNA RP-8-00

Road and Pedestrian Conflict Area		STV Criteria	Luminance Criteria		
Road	Pedestrian Conflict Area	Weighting Average VL	L_{avg} , cd/m ² Median <7,3 m	L_{avg}^* , cd/m ² Median ≥7,3 m	Uniformity Ratio L_{max} / L_{min} (Maximum Allowed)
Freeway "A"		3,2	0,5	0,4	6,0
Freeway "B"		2,6	0,4	0,3	6,0
Expressway		3,8	0,5	0,4	6,0
Major	High	4,9	1,0	0,8	6,0
	Medium	4,0	0,8	0,7	6,0
	Low	3,2	0,6	0,6	6,0
Collector	High	3,8	0,6	0,5	6,0
	Medium	3,2	0,5	0,4	6,0
	Low	2,7	0,4	0,4	6,0
Local	High	2,7	0,5	0,4	10,0
	Medium	2,2	0,4	0,3	10,0
	Low	1,6	0,3	0,3	10,0

Данные в таблице получены для наблюдателя 60 лет с нормальным зрением, тест-объект размером 18×18 см и с коэффициентом отражения 50 %, время наблюдения 0,2 с

Схема измерения уровня видимости тест-объекта позволяет получить распределение видимости по каждой полосе движения

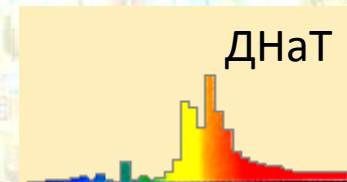
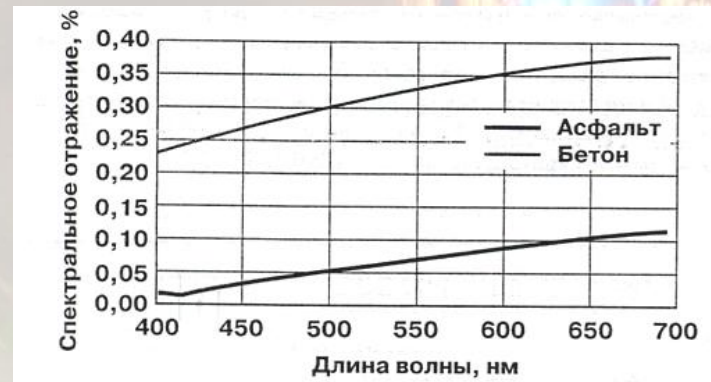
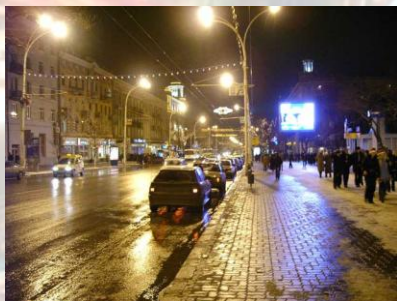
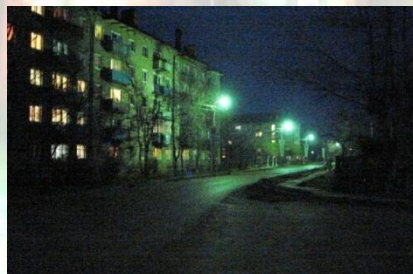


Параметрами, определяющими уровни видимости наблюдаемых объектов являются:

- Пороговый контраст
- Яркость адаптации
- Угловой размер объекта
- Время наблюдения объекта
- Уровень зрительной задачи
- **Спектральный состав освещения**
- **Распределение яркости в поле зрения**

Неравномерность распределения яркости и спектральный состав излучения источника света определяют пороговый контраст объекта и фона

$$\frac{K_{\text{пор } p}}{K_{\text{пор НЕР}}} = 2,5 \quad \frac{K_{\text{пор цвет}}}{K_{\text{пор ч/б}}} = \frac{\Delta L_{\text{пор цвет}}}{\Delta L_{\text{пор ч/б}}} \approx 3 \div 5$$



- При одинаковой яркости фона, но разных типах источников пороговые характеристики зрительной системы меняются
- На примере пороговый контраст рассчитан для углового размера объекта 10 угл.мин.

Методика расчета и контроля видимости архитектурного и уличного регулируемого освещения

- Определение массива распределения яркости и цветности оцениваемого светоцветового пространства (по результатам расчета в любой светотехнической программе или измерению имеющегося освещения)
- Разложение массива по трем координатам цветности
- Обработка полученных изображений по спектру пространственных частот с учетом яркости объектов и расчет порогового контраста
- Анализ полученной картины восприятия по светлотной шкале и координатам цветности и расчет уровней видимости объектов
- Определение диапазона изменения мощности ламп для корректировки среднего значения яркости без потери видимости

В настоящее время средняя яркость дорожного покрытия определяется по уровню видимости - обнаружение. Однако на улицах перед человеком стоят зрительные задачи разной сложности, для решения которых нужно обеспечить определенный уровень видимости и необходимое распределение яркости и цветности:

- **Обнаружение** – уровень видимости более 2,6 - водитель должен обнаружить наличие объекта-препятствия
- **Различение** – уровень видимости более 8 - водитель различает контуры машин и крупных неровностей на дороге
- **Опознавание** – уровень видимости более 16 – пост ДПС – необходимо увидеть мелкие детали, например, для определения номера машины

Контроль освещения на основе расчета уровня видимости (тоннель на Сущевском валу). Расчет видимости для различных объектов

Реализация разработанной методики на базе камеры-яркомера позволяет создать прибор контроля регулируемых систем по реальному уровню видимости, снижая риск возникновения аварийных ситуаций:



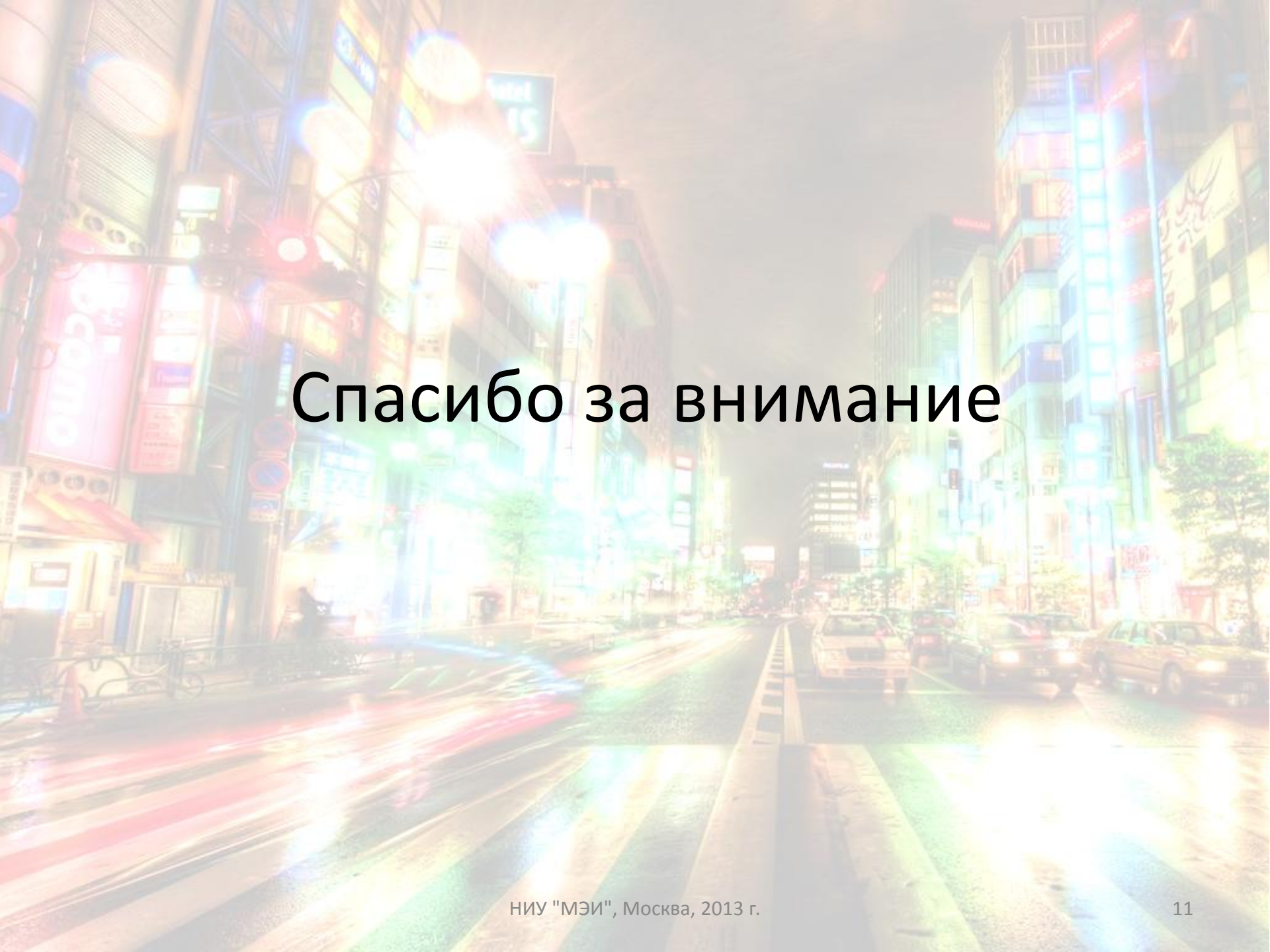
Минимальный расчетный уровень видимости объектов:

- 1 - Разметка.....3,43
- 2 - Бордюр.....4,33
- 3 - Автомобиль.....9,67
- 4 - Рекламный щит....15,16

Уровень видимости может быть рассчитан не только для стандартного тест-объекта, но также для любого объекта, находящегося в поле зрения водителя. Так например, возможно определять уровень видимости бордюра для контроля фотометрических характеристик осветительной установки.

Выводы:

- Для разработки систем интеллектуального энергоэффективного освещения в качестве критерия для определения диапазона регулирования световых параметров необходимо использовать уровень видимости для разных сложностей зрительной задачи, как прямой уровень нормирования
- На основе данного критерия можно определить:
 - возможности регулирования архитектурного и уличного освещения
 - возможности экономии электроэнергии, получаемой за счет определения восприятия зрительной информации и необходимого освещения
- Данная методика расчета с использованием характеристик восприятия зрительной информации позволит:
 - повысить качество энергоэффективного светотехнического проектирования
 - снизить расходы на излишнее оборудование для освещения за счет унификации системы управления
 - качественно подобрать спектральный состав излучателей в зависимости от уровня восприятия зрительной информации
 - повысить безопасность дорожного движения
- Таким образом на основе критерия уровня видимости возможно создание контрольно-измерительного прибора для регулирования параметров энергоэффективной осветительной установки с обеспечением высокого уровня безопасности дорожного движения

A vibrant, long-exposure photograph of a city street at night, likely in Japan. The scene is filled with colorful neon signs and light trails from cars, creating a dynamic and energetic atmosphere. The text "Спасибо за внимание" is overlaid in the center of the image.

Спасибо за внимание