

# Воспринимаемые цвета фасадов при освещении их разными источниками света

Э.К. ЁЗДЖАН, Р. ЮНВЕР<sup>1</sup>

Факультет архитектуры Технического университета Йылдыз, Стамбул, Турция

## Аннотация

Цвета фасадов имеют большое значение для жизни города и являются основным фактором, определяющим его общий облик. Цветовые характеристики источников света, применяемых для освещения фасадов, играют важную роль в восприятии цветов фасадов. Цвета и их совокупности у каждого здания свои, и, соответственно, каждое здание нуждается в особом освещении. Поэтому источники света следует выбирать с учётом влияния света на цвет освещаемой поверхности, и при проектировании освещения необходимо иметь информацию об изменениях цвета фасада при использовании разных источников света. Авторами были выявлены различия между истинными и воспринимаемыми цветами конкретной цветовой палитры фасадов при освещении их разными электрическими источниками света (что важно знать в начале проектирования освещения фасадов).

<sup>1</sup> E-mail: renginunver@gmail.com  
Перевод с англ. Е.И. Розовского.

**Ключевые слова:** цвет фасада, источник света, освещение фасадов, воспринимаемый цвет.

## 1. Введение

Цветовые характеристики источников света (ИС), применяемых для освещения фасадов, играют важную роль. В настоящее время технический прогресс и увеличение номенклатуры электрических ИС позволяют выбирать ИС с любым цветом излучения. Использование цветных ИС может приводить к тому, что фасады будут выглядеть не так, как при естественном свете. Более того, освещение одного и того же фасада разными цветными ИС может давать то, что в течение ночи фасад будет смотреться по-разному. А если фасад имеет несколько цветов, то восприятие совокупности этих цветов может меняться. Поэтому возможность прогнозирования обусловленных освещением изменений цветового облика важна при проектировании освещения и помогает избежать неожиданностей при цветовом восприятии фасадов. Это исследование направлено на определение

восприятия цветов разных фасадных красок, освещаемых электрическими ИС, что поможет прогнозировать цвета фасадов на ранних этапах проектирования освещения фасадов зданий.

## 2. Истинные цвета, воспринимаемые цвета, совокупность цветов

Истинный цвет – воспринимаемый цвет:

Цветовой облик поверхности зависит от трёх факторов. Первый – это ИС, второй – объект и третий – зрительная система человека. Другими словами, изменения цветового облика поверхности зависят от изменений этих трёх факторов: цветовых характеристик ИС (спектра излучения), цветовых характеристик освещаемой поверхности (спектрального распределения коэффициента отражения) и зрительной системы человека. Цветовое восприятие трёх рецепторов (красного –  $x$ , зелёного –  $y$  и синего –  $z$ ) глаза, входящего в состав зрительной системы человека, было определено МКО для стандартного колориметрического наблюдателя [1–4]. Если зрительная система человека остаётся неизменной, то:

– для излучателя с равноэнергетическим спектром фактором, определяющим воспринимаемый цветовой облик поверхности, является «спектральный коэффициент отражения». При этом поверхность воспринимается в своём реальном/истинном цвете;

Таблица 1

Цветовой контраст и образцы цвета системы Манселла

Тип контраста		Значения параметров цвета		
		Тон	Светлота	Насыщенность
Тройственный контраст		Меняется	Меняется	Меняется
Бинарный контраст	<b>Одинаковые цветовые тона</b> (5R-2/2; 5R-5/10)	<b>Не меняется</b> 5R	Меняется 2, 5	Меняется 2, 10
	<b>Одинаковые светлоты</b> (5R-5/2; 10G-5/5)	Меняется 5R, 10G	<b>Не меняется</b> 5	Меняется 2, 5
	<b>Одинаковые насыщенности цвета</b> (5R-2/6; 5YR-9/6)	Меняется 5R, 5YR	Меняется 2, 9	<b>Не меняется</b> 6
Простой контраст	<b>Разные цветовые тона</b> (5R-5/5; 10G-5/5)	Меняется 5R, 10G	<b>Не меняется</b> 5	<b>Не меняется</b> 5
	<b>Разные светлоты</b> (5R-2/6; 5R-8/6)	<b>Не меняется</b> 5R	Меняется 2, 8	<b>Не меняется</b> 6
	<b>Разные насыщенности цвета</b> (5R-5/1; 5R-5/10)	<b>Не меняется</b> 5R	<b>Не меняется</b> 5	Меняется 1, 10

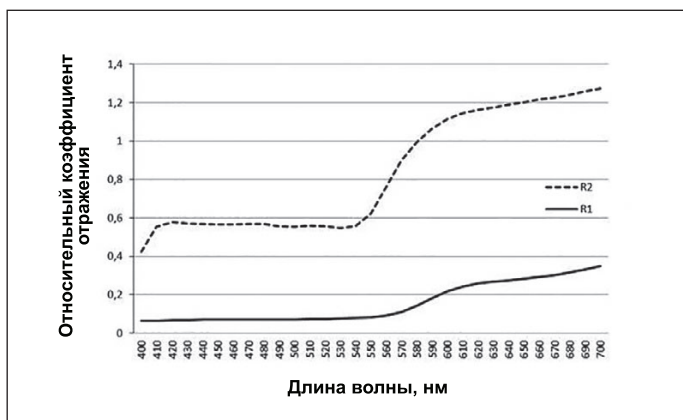


Рис. 1. Спектральные распределения коэффициентов отражения красок R1 и R2



Рис. 2. Спектральные распределения коэффициентов отражения красок R3 и R4

Таблица 2

### Характеристики использованных в данном исследовании разрядных ламп

Источник света	Лампа/Серия	Световой поток, лм	$T_{ц}$ , К	$R_a$	Координаты цветности	
					$x_{10}$	$y_{10}$
<b>K1</b>	Ртутная лампа ВД/HPLR	12000	3900	37	0,39	0,37
<b>K2</b>	МГЛ/MHN-TD	12100	4200	80	0,38	0,37

Таблица 3

### Характеристики использованных в данном исследовании светодиодов (СД)

Источник света	СД	$T_{ц}$ , К	$R_a$	Координаты цветности	
				$x_{10}$	$y_{10}$
<b>L1</b>	Синий	34367	39	0,1278	0,0818
<b>L2</b>	Красный	1000	19	0,6957	0,3024
<b>L3</b>	Зелёный	7612	12	0,1921	0,6914
<b>L4</b>	Белый	10134	70	0,2807	0,2860
<b>L5</b>	Белый	9287	71	0,2895	0,2896
<b>L6</b>	Белый	9465	83	0,2873	0,2962

– для излучателя с неравноэнергетическим спектром факторами, определяющими воспринимаемый цветовой облик поверхности, являются «спектральный состав излучения ИС» и «спектральный коэффициент отражения». При этом поверхность воспринимается как имеющая цвет, отличный от её истинного цвета и носящий название «воспринимаемый цвет».

Поверхности имеют воспринимаемые цвета при освещении их любыми ИС с неравноэнергетическим спектром излучения. В настоящее время ни один из ИС не является равноэнергетическим. Поэтому МКО ввела несколько стандарт-

ных излучателей, таких как «A», «B», «C» и «D65», которые следует использовать для определения истинных цветов.

С другой стороны, цветовые характеристики ИС обычно описываются их «цветовой температурой»  $T_{ц}$  и «индексом цветопередачи»  $R_a$  [1, 4].  $T_{ц}$  и  $R_a$  несут основную информацию о цветовом восприятии ИС. Однако, как упомянуто выше, для точного определения воспринимаемого цвета поверхности необходимо знать спектральный состав излучения. В частности, знание  $T_{ц}$  и  $R_a$  таких ИС, как ртутные лампы ВД с люминофором, МГЛ и т.д., не позволяет судить об их спектрах и о различиях между

истинным и воспринимаемым цветами поверхности.

#### Совокупность цветов:

В цветовой системе Манселла – одной из прикладных систем описания цветовосприятия – цветовые характеристики поверхности определяются тремя параметрами: цветовым тоном, светлотой и насыщенностью цвета. Эти параметры могут изменяться независимо друг от друга [6, 7]. Цветовой тон отражает то, каким – синим, пурпурным, жёлтым и т.д. – является цвет; светлота говорит, светлый это цвет или тёмный; а насыщенность цвета отражает производимое цветовым тоном воздействие.

Характеристики истинных цветов для совокупностей с одинаковыми (*S.H.*) и разными (*H.C.*) цветовыми тонами

Обозначение совокупности	Цвет			Цветовая система Манселла	Координаты цветности	
	Номер	Код	Описание	Тон-светлота/насыщенность	$x_{10}$	$y_{10}$
<i>S.H.</i>	<i>R1</i>	Copper	Оранжево-красный, умеренно тёмный, умеренно насыщенный	8,4R-4,1/5,6	0,4361	0,3479
	<i>R2</i>	Comeo 180	Оранжево-красный, очень светлый, умеренно насыщенный	8,4R-8,4/5	0,3746	0,3438
<i>H.C.</i>	<i>R3</i>	Tundra 80	Зеленовато-жёлтый, светлый, слабонасыщенный	9,5Y-6/3,2	0,3648	0,3943
	<i>R4</i>	Bodrum blue	Пурпурно-синий, светлый, слабонасыщенный	8,9B-6,5/3,5	0,2748	0,3114

Смысловое содержание и воздействие цветных поверхностей, расположенных в поле зрения рядом друг с другом, зависят от контраста между цветами этих поверхностей. В многоцветной картинке разные цветовые облики могут формироваться путём изменения контраста между цветами [8]. В зависимости от различий между цветовыми параметрами возможный цветовой контраст можно разбивать на три группы: «тройственный контраст», «бинарный контраст» и «простой контраст» [7–9] (табл. 1).

При тройственном контрасте все три параметра каждого из входящих в композицию цветов меняются произвольным образом, так что этот контраст часто производит впечатление естественного. В случае бинарного контраста контраст между двумя параметрами цветов возможен, тогда как третий параметр остаётся одинаковым. В случае простого контраста контрастирует только один параметр, а остальные два остаются одинаковыми. Так что в случае бинарных и простых систем, в которых имеет место небольшой контраст, можно получать экстраординарные, гармоничные, значимые и желаемые результаты.

Описанные выше типы контраста могут использоваться при проектировании цветов фасадов. Очевидно, разные эффекты и смысловые содержания можно получать, меняя количество, типы и распределения цветовых контрастов, используемых в проекте цветового облика фасада. С другой стороны, выбор цветов – предпочитаемые цвета – фасада зависит от местных и географических условий, культуры, традиций, религиозных факторов, моды, социальных явлений и т.д. Поэтому при проектировании цвета

Обозначения в цветовой системе Манселла истинных и воспринимаемых при освещении источниками *K1* и *K2* цветов поверхностей в случае совокупностей с одинаковыми цветовыми тонами (*S.H.*)

Обозначение совокупности	Истинный цвет		Воспринимаемый цвет	
			<i>K1</i> (ртутная лампа)	<i>K2</i> (МГЛ)
<i>S.H.</i>	<i>R1</i>	8,4R-4,1/5,6	2,47YR-4,57/12,88	1,42YR-4,31/8,44
		8,4R-8,4/5	2,5R-9,24/2	1,54YR-8,73/10,62
<i>H.C.</i>	<i>R3</i>	9,5Y-6/3,2	5,1YR-6,18/13,85	8,79YR-6,1/7,17
		8,9B-6,5/3,5	3,48YR-6,25/10,52	6,43YR-6,49/2,33

Обозначения в цветовой системе Манселла истинных и воспринимаемых при освещении источниками *K1* и *K2* цветов поверхностей в случае совокупностей с разными цветовыми тонами (*H.C.*)

Обозначение совокупности	Истинный цвет		Воспринимаемый цвет	
			<i>K1</i> (ртутная лампа)	<i>K2</i> (МГЛ)
<i>S.H.</i>	<i>R1</i>	8,4R-4,1/5,6	2,47YR-4,57/12,88	1,42YR-4,31/8,44
		8,4R-8,4/5	2,5R-9,24/2	1,54YR-8,73/10,62
<i>H.C.</i>	<i>R3</i>	9,5Y-6/3,2	5,1YR-6,18/13,85	8,79YR-6,1/7,17
		8,9B-6,5/3,5	3,48YR-6,25/10,52	6,43YR-6,49/2,33

фасада, как и при любом другом проектировании, при выборе цветов и типов цветовых контрастов следует учитывать целый ряд факторов.

Здания обычно освещаются естественным светом в светлое время суток и электрическими ИС в тёмное.

Так что в эти периоды фасады зданий имеют разный цветовой облик. Другими словами, при искусственном освещении совокупность цветов может восприниматься отличной от истинной, и в этом случае она и сами цвета будут отличаться от проектных.

Обозначения в цветовой системе Манселла истинных и воспринимаемых при освещении источниками  $L1$ ,  $L2$  и  $L3$  цветов поверхностей в случае совокупностей с одинаковыми цветовыми тонами ( $S.H.$ )

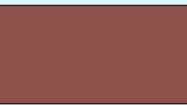
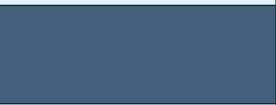

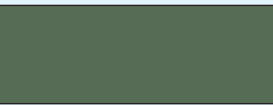








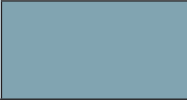
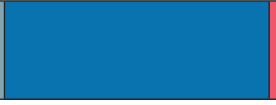
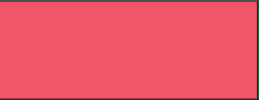

Обозначение совокупности	Истинный цвет		Воспринимаемый цвет		
			$L1$ (синий СД)	$L2$ (красный СД)	$L3$ (зелёный СД)
$S.H.$	$R1$	8,4R-4,1/5,6	1,39PB-3,15/13,94	4,08R-5,7/9,14	9,91GY-3,36/12,26
					
	$R2$	8,4R-8,4/5	1,41PB-4,2/14,81	4R-9,61/8,9	0,75G-7,66/23,87
					

Таблица 8

Обозначения в цветовой системе Манселла истинных и воспринимаемых при освещении источниками  $L1$ ,  $L2$  и  $L3$  цветов поверхностей в случае совокупностей с разными цветовыми тонами ( $H.C.$ )

Обозначение совокупности	Истинный цвет		Воспринимаемый цвет		
			$L1$ (синий СД)	$L2$ (красный СД)	$L3$ (зелёный СД)
$H.C.$	$R3$	9,5Y-6/3,2	0,29B-5,04/18,71	4,65R-5,97/9,55	0,61G-6/20,63
					
	$R4$	8,9B-6,5/3,5	2,1PB-5,91/17,56	3,16R-5,87/14,87	1,33G-6,91/24,77
					

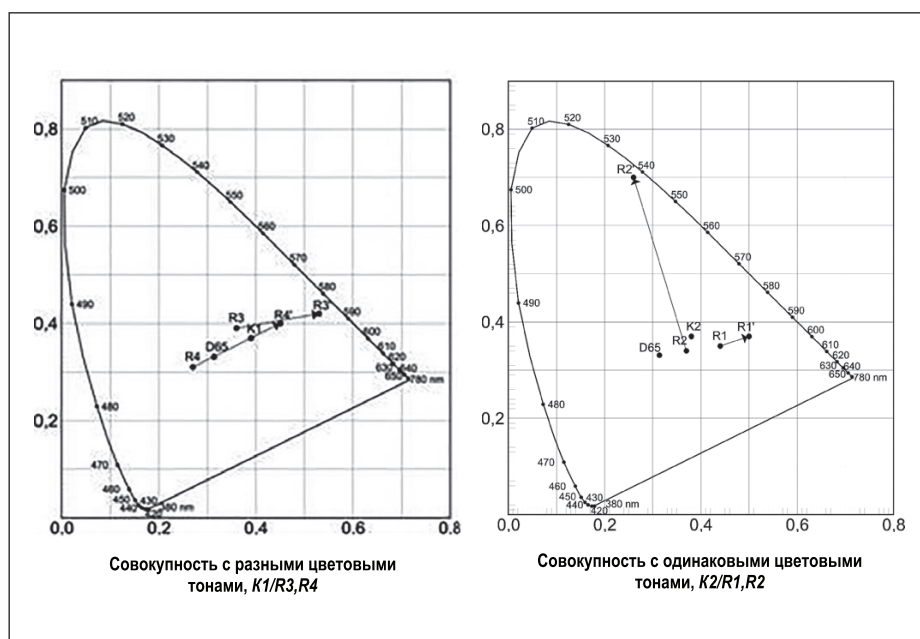


Рис. 3. Примеры сдвига цветов поверхностей на цветовом графике  $x_{10}$ ,  $y_{10}$ :  $K1$ ,  $K2$  – источники света;  $R1$ ,  $R2$ ,  $R3$ ,  $R4$  – истинные цвета;  $R1'$ ,  $R2'$ ,  $R3'$ ,  $R4'$  – воспринимаемые цвета

В связи с этим прогнозирование воспринимаемых цветов фасадов при освещении их электрическими ИС играет важную роль в городском освещении и ночном облике городов и зданий.

### 3. Методика исследований и принятые допущения

Цель данного исследования – определение различий между истинными и воспринимаемыми цветами поверхностей фасадов, освещаемых электрическими ИС, и выявление изменений в сочетании этих цветов. Основные этапы исследования можно описать следующим образом:

- Идентификация электрических ИС, широко применяемых для освещения фасадов.
- Выбор цветов и типов цветовых контрастов, широко применяемых при отделке фасадов.

Обозначения в цветовой системе Манселла истинных и воспринимаемых при освещении источниками  $L4$ ,  $L5$  и  $L6$  цветов поверхностей в случае совокупностей с одинаковыми цветовыми тонами ( $S.H.$ )

Обозначение совокупности	Истинный цвет	Воспринимаемый цвет			
		$L4$ (белый СД)	$L5$ (белый СД)	$L6$ (белый СД)	
$S.H.$	$R1$	$8,4R-4,1/5,6$	$3,82R-3,93/3,71$	$5,71R-3,90/3,64$	$6,90R-3,91/3,68$
	$R2$	$8,4R-8,4/5$	$5,41RP-8,38/4,53$	$9,10RP-8,30/4,18$	$1,99R-8,30/3,67$

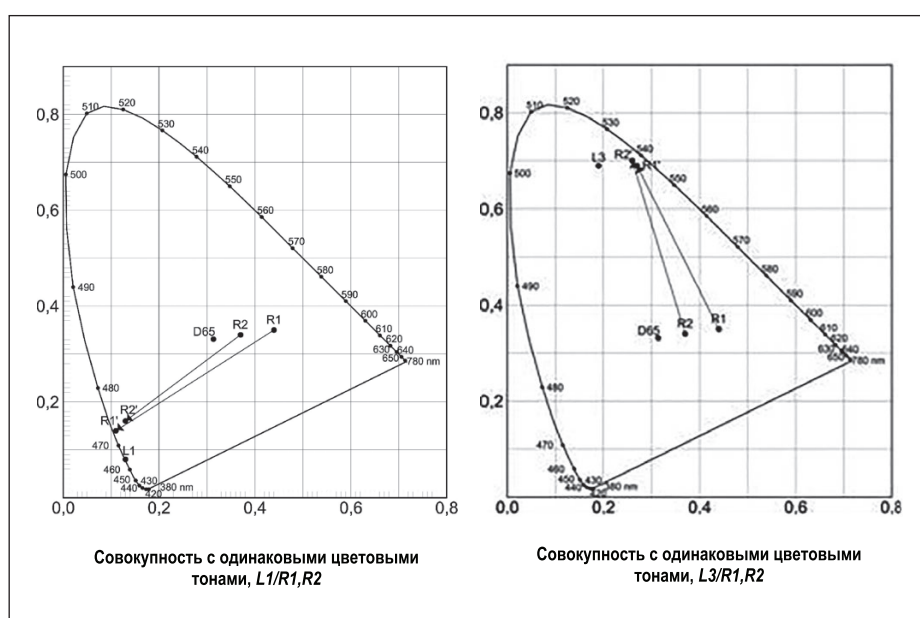


Рис. 4. Примеры сдвига цветов поверхностей на графике цветностей  $x_{10}$ ,  $y_{10}$ :  $L1$ ,  $L3$  – источники света;  $R1$ ,  $R2$  – истинные цвета;  $R1'$ ,  $R2'$  – воспринимаемые цвета

– Измерение спектрального распределения коэффициентов отражения и определение истинных цветов выбранных фасадных красок.

– Расчёт воспринимаемых цветов выбранных красок при освещении их разными ИС с учётом зрительной системы человека.

– Определение различий между истинными и воспринимаемыми цветами для выбранной совокупности красок.

В результате рассмотрения электрических ИС, которые часто используются для освещения фасадов, было выбрано восемь типов ИС, с разными  $T_u$  и  $R_a$ : две разрядные лампы (ртутная лампа ВД ( $K1$ ) и НЛВД ( $K2$ )) и шесть СД (синий ( $L1$ ), красный ( $L2$ ), зелёный ( $L3$ ) и три разных белых ( $L4$ ,  $L5$

и  $L6$ )). Мощности, световые потоки и другие технические характеристики этих ИС приведены в табл. 2 и 3 [10, 11]. Мощность СД менялась в пределах 1–3 мВт.

Согласно указанной методике, были выбраны четыре краски разного цвета ( $R1$ – $R4$ ), которые часто используются в отделке фасадов. Кривые спектрального распределения коэффициента отражения красок  $R1$ – $R4$ , измеренные с использованием стандартного излучателя «D65», приведены на рис. 1 и 2.

В данном исследовании для совокупностей цветов фасадных красок были выбраны упомянутые (в п. 2) показатели – «одинаковость цветового тона» при бинарном контрасте ( $BCA$ ) и «неодинаковость цветового

тона» при простом контрасте ( $SCA$ ). Каждая из совокупностей состоит из двух цветов. В связи с этим были сформированы две группы цветов:  $S.H.$  ( $R1+R2$ ) и  $H.C.$  ( $R3+R4$ ) (табл. 4), и эти совокупности оценивались при выбранных электрических ИС.

Как известно, и уже упоминалось в п. 2, на восприятие и смысловое содержание совокупности цветов влияют многочисленные факторы, такие как количества и типы цветовых контрастов, площади окрашенных поверхностей, распределение окрашенных поверхностей, адаптация зрения и т.д. В рамках данного исследования совокупность цветов фасадов оценивалась, исходя из количества и уровня контрастов.

#### 4. Определение истинных и воспринимаемых цветов

Истинные цвета выбранных красок измерялись с помощью спектрометра *Minolta Spectrophotometer-CM-2600D* при освещении их стандартным излучателем «D65». Результаты измерений были представлены в цветовых системах Манселла,  $Lab$  и  $Lch$  с помощью программы «*Spectra Magic*» (Ver. 3.6). Образцы красок были матовыми, оценки производились в режиме  $SCI^2$ . Группы и присвоенные производителями коды, обозначения в цветовой системе Манселла и координаты цветности ( $x_{10}$ ,  $y_{10}$ ) для истинных цветов приведены в табл. 4.

Согласно п. 2, воспринимаемые цвета поверхностей зависят от спек-

<sup>2</sup>  $SCI$  – *Specular Component Included* («включением зеркальной компоненты»). – Прим. ред.



Обозначения в цветовой системе Манселла истинных и воспринимаемых при освещении источниками  $L4$ ,  $L5$  и  $L6$  цветов поверхностей в случае совокупностей с разными цветовыми тонами ( $H.C.$ )

Обозначение совокупности	Истинный цвет		Воспринимаемый цвет		
			$L4$ (белый СД)	$L5$ (белый СД)	$L6$ (белый СД)
$H.C.$	$R3$	$9,5Y-6/3,2$	$2,09GY-6,03/2,19$	$1,76GY/5,97/2,48$	$2,19GY-5,92/2,40$
	$R4$	$8,9B-6,5/3,5$	$5,41PB-6,64/6,6$	$4,57PB/6,57/5,81$	$1,38PB-6,58/5,47$

трального состава излучения, а также от спектральных характеристик поверхности и зрительных рецепторов. Поэтому воспринимаемые цвета поверхностей рассчитывались как координаты цветности ( $x_{10}, y_{10}, z_{10}$ ) дополнительной стандартной колориметрической системы МКО 1964 г. [ $X_{10}, Y_{10}, Z_{10}$ ] для стандартного колориметрического наблюдателя МКО 1964 [2–5].

Истинные цвета красок, измеренные при освещении их стандартным излучателем «D65» и обозначения воспринимаемых цветов поверхностей, освещаемых ИС  $K1$  и  $K2$ , соответствующие цветовой системе Манселла, приведены в табл. 5 и 6. Аналогичные результаты, полученные при использовании ИС  $L1-L6$ , приведены в табл. 7–10.

Некоторые примеры различий между истинными и воспринимаемыми цветами поверхностей показаны на рис. 3–5 для совокупностей с одинаковыми ( $S.H.$ ) и разными ( $H.C.$ ) цветовыми тонами.

#### 4. Оценки

##### 4.1. Совокупность с одинаковыми цветовыми тонами ( $S.H.$ ; цветовые тона одинаковые, светлоты и насыщенности цвета разные; $R1$ и $R2$ )

При освещении разрядными лампами ( $K1, K2$ ):

При освещении ИС  $K1$  воспринимаемые цветовые тона изменились почти на 7 ступеней. Но сколько-нибудь значительных изменений светлоты цветов не наблюдалось. Насыщенность цвета в случае  $R1$  увеличи-

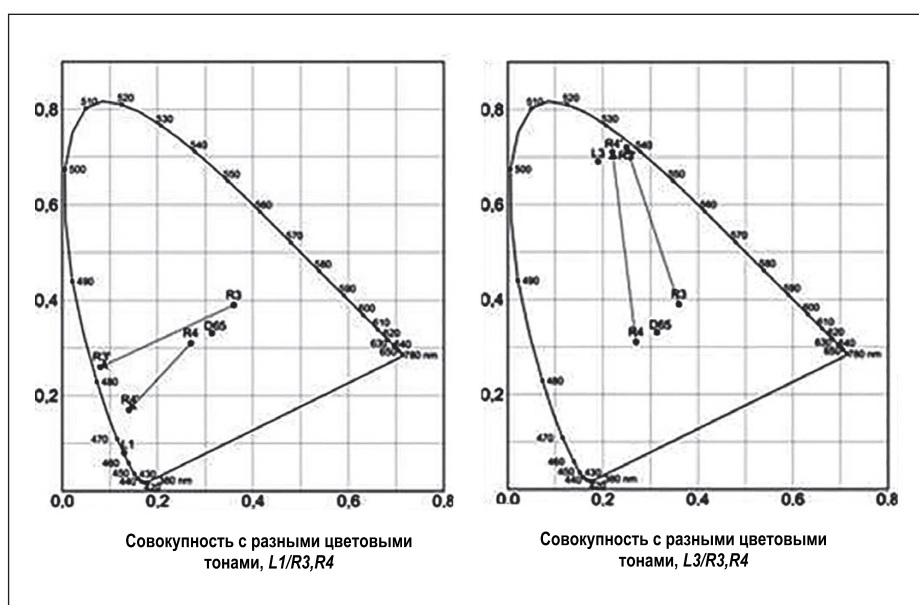


Рис. 5. Примеры сдвига цветов поверхностей на графике цветностей  $x_{10}, y_{10}$ :  $L1, L3$  – источники света;  $R3, R4$  – истинные цвета;  $R3', R4'$  – воспринимаемые цвета

лась на 7 ступеней при освещении ИС  $K1$  и на 3 ступени – ИС  $K2$ . В случае  $R2$  насыщенность цвета увеличилась на 3 ступени при освещении ИС  $K1$  и вдвое больше – ИС  $K2$ .

При освещении цветными СД ( $L1, L2, L3$ ):

Если при освещении синим ( $L1$ ) и зелёным ( $L3$ ) СД имело место сильное изменение тона цвета  $R1$ , то при освещении красным СД ( $L2$ ) он изменился в среднем на 2 ступени. Светлота цвета  $R1$  при освещении всеми тремя цветными СД изменилась примерно на 1 ступень, а насыщенность цвета заметно увеличилась. При этом цветовой тон и светлота цвета  $R2$  при освещении всеми тремя СД изменялись так же, как в случае  $R1$ . Однако насыщенность цвета  $R2$  при освещении его зелёным СД ( $L3$ ) уве-

личилась примерно в 4,5 раза. Совокупность с одинаковыми цветовыми тонами превратилась в подобие совокупности с одинаковыми цветовыми тонами.

При освещении белыми СД ( $L4, L5, L6$ ):

Тон цвета  $R1$  сильнее всего (на 4 ступени) изменился при освещении ИС  $L4$  и слабее всего (на 1 ступень) – ИС  $L6$ . Светлота не претерпела сколько-нибудь существенных изменений при освещении всеми тремя белыми СД, но насыщенность цвета  $R1$  при этом уменьшилась на 2 ступени. Красный цвет  $R2$  превратился в пурпурно-красный при освещении СД  $L4$  и  $L5$ , а при освещении СД  $L6$  цветовой тон  $R2$  изменился на 7 ступеней. Светлота и насыщенность цвета  $R2$  при освещении всеми тремя СД

сколько-нибудь важных изменений не испытали.

#### 4.2. Совокупность с разными цветовыми тонами (H.C.; цветовые тона разные, светлоты и насыщенности цвета одинаковые; R3 и R4)

При освещении разрядными лампами (K1, K2):

При освещении ИС K1 и K2 зеленовато-жёлтый (R3) и пурпурно-синий (R4) цвета превратились в цвет красновато-жёлтый. Светлоты изменились незначительно (на 0,2 ступени). Насыщенность цвета R3 увеличилась примерно на 5 ступеней, а цвета R4 – почти в 3 раза, при освещении источником света K1 и несколько уменьшилась при освещении ИС K2. Поэтому совокупность с разными тонами при освещении её двумя этими разрядными лампами выродилась в совокупность с одинаковыми тонами.

При освещении цветными СД (L1, L2, L3):

Тона цветов R3 и R4 сместились в сторону цветов источников света. Светлоты цветов не претерпели сколько-нибудь значительных изменений при освещении их всеми тремя цветными СД. Однако насыщенность цвета возросла в среднем на 14 ступеней. Совокупность цветов с разными тонами превратилась в совокупность, похожую на совокупность с одинаковыми цветовыми тонами.

При освещении белыми СД (L4, L5, L6):

Тон и светлота цвета краски R3 не претерпели сколько-нибудь значительных изменений при освещении её всеми тремя белыми СД. Насыщенность слегка уменьшилась. Пурпурно-синий цвет R4 при освещении всеми тремя белыми СД превратился в синевато-пурпурный. Светлота не испытала сколько-нибудь значительных изменений, а насыщенность цвета изменилась на 2,5 ступени.

#### 5. Заключение

Совокупность цветов фасадов и освещающие фасады ИС играют важную роль в выделении архитектурных особенностей зданий и придании им эффектного, выразительного и гармоничного облика. Сильнее всего на цветовой облик фасада влияет цвет излучения используемого элек-

трического ИС. Поэтому выбор ИС должен осуществляться с учётом влияния света на цвета фасадов, и при проектировании следует знать, как могут изменяться эти цвета. Цель данной статьи – определение воспринимаемых цветов при разных совокупностях цветов фасадов, освещаемых разными ИС. В соответствии с этим:

- было проведено исследование двух совокупностей цветов фасадов (с одинаковыми (S.H.) и разными (H.C.) цветовыми тонами);

- для обеих совокупностей были выбраны две цветовые группы из двух цветов каждая;

- для каждой из цветовых групп были определены истинные цвета, соответствующие освещению их стандартным излучателем «D65», и цвета, воспринимаемые при освещении восемью разными ИС (разрядными лампами K1 и K2 и СД L1, L2, L3, L4, L5 и L6);

- были оценены различия между истинными и воспринимаемыми цветами рассматриваемых совокупностей.

Оценки показывают, что светлота истинного цвета не зависит от типа ИС, тогда как его цветовой тон и насыщенность при смене типа ИС значительно изменяются.

Описанные в данной работе методология, результаты и оценки будут полезны проектировщикам освещения при прогнозировании воспринимаемых цветов фасадов зданий, освещаемых электрическими ИС. Кроме того, они внесут вклад в формирование ночного облика зданий и городов, обеспечивая реальность создаваемой картины.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yavuz, M., Ünver, R. Effect of the artificial lights on the facade colours / 11<sup>th</sup> European Lighting Conference-Lux Europa 2009, Çatı Grafik Ltd. Şti. – Özgür Matbaacılık, İstanbul, 9–11 September 2009. ISBN: 978-975-561-352-9. – P. 905–912.
2. CIE Technical Report: Colorimetry. 3rd Edition. – Vienna: CIE, 2004.
3. Judd, D., Wyszecki, G. Color in business, science and industry. – N.Y.: John Wiley & Sons, 1975.
4. IESNA (Illuminating Engineering Society of North America). Lighting handbook, 9th Edition. N.Y.: IESNA, 2000.
5. Fairchild, M. Color appearance models. – N.Y.: Addison-Wesley, 1998.
6. Ünver, R. Renk görünüm dizgeleri (in Turkish) 3 / Ulusal Aydınlatma Kongresi, ATMK. İstanbul, 2000. – P.138–143.
7. Sirel, Ş. Kuramsal Renk Bilgisi (in Turkish). İstanbul: Kutulmuş Basımevi, 1974.

8. Ünver, R. Renk kirliliği (in Turkish) // 2000 GAP-Çevre Kongresi, Şanlıurfa, 2000. ISBN 8215–90–6, V2. – P. 991–996.

9. Ünver, R., Öztürk, L. D. Toplu konutlarda yapı yüzü renk tasarımında temel ilkeler ve öneriler. YTÜ Araştırma Fonu, Bitirme Raporu, No:99–03–01–02. Yıldız Technical University, İstanbul, 2002.

10. Philips. Aydınlatma ürün kataloğu (in Turkish). Available on www.lighting.philips.com., 2008.

11. Türkoğlu, K. TÜBİTAK- National Metrology Intitution, İstanbul, TR, 2010.

12. Yavuz, M. Yüksek lisans tezi: Yapı yüzü renklendirilmesi ve aydınlatma ilişkisi (in Turkish) / YTÜ FBE, İstanbul, 2009.

13. The SLL Lighting Handbook. England, 2009. ISBN 978–1–906846–02–2.

14. Ünver, R. The contrast and contrast arrangement in color perception / Oslo International Color Conference, Oslo-Norway, 8–11 Ekim 1998. – P.180–181.

15. Ünver, R., Öztürk, L. An example for facade colour design of mass housing. Color Research and Application, JohnWiley&Sons, August 2002. Print ISSN: 0361–2317, Online ISSN: 1520–6378, V27, No. 4. – P.291–299.

16. Ünver, R., Yavuz, M., Özcan, E., K. A study on perceived colours of facades under different light sources / AIC Midterm Meeting 2011-Interaction of Colour & Light in the Arts and Sciences, Zurich, Switzerland, 7–10 June 2011. ISBN: 978–3–033–02929–3. – P. 796–799.



**Эсра Кючуккилич Ёзджан (Esra Küçükçilic Özcan), M.Sc.**  
(2008 г.). Ассистент и докторант (Ph.D.) кафедры строительной физики

архитектурного факультета Технического университета Йылдыз. Основные интересы: архитектурное освещение и разработка цветовых решений в архитектуре



**Ренгин Юнвер (Rengin Ünver), Ph.D.** Профессор кафедры строительной физики архитектурного факультета Технического университета

Йылдыз. Специалист в области архитектурного освещения и цвета. Одна из основателей и член правления (вице-президент) Турецкого национального комитета МКО. Председатель отделения цвета этого комитета, представитель Турции в Отделении 1 МКО (с 1995 г.)