

Влияние освещения на выбор направления движения посетителей в музеях¹

А. ЧЕВИК¹, Т. КАЗАНАСМАЗ, Н.Е. ДЮРАН

Измирский технический институт, Измир, Турция

¹ E-mail: aslihancevik@iyte.edu.tr

Аннотация

Освещение выставочных пространств, как и других интерьеров, следует изучать в целях улучшения обеспечиваемых им качества зрительного восприятия и комфорта. В данном исследовании рассмотрены субъективные оценки восприятия выставочных пространств и создаваемого ими впечатления, что позволит расширить наши знания в этой области. Из-за противоречащих друг другу вариантов выбора экспозиционного освещения и неуправляемого прогресса в этой области, в большинстве случаев от естественного освещения стараются отказаться, и при этом часто пренебрегают как мнениями посетителей, так и связью между количественными и качественными характеристиками освещения. В рамках данного исследования несколько типичных выставочных пространств с естественным или искусственным освещением были смоделированы в виртуальном пространстве при помощи программы *Lumion* для последующей оценки этих пространств посредством трёхступенчатого опроса. В опросе приняли участие 90 человек, относящихся к трём группам (архитекторы, посетители и творческие работники ((скульпторы, художники и кураторы выставок)). Участники перемещались внутри модели, и их предпочтения в части направления движения и восприятия оценивались с использованием вопросника. Целью исследования являлась статистическая оценка влияния типа освещения на выбор маршрута движения по выставке и связь между типом освещения и несветотехническими характеристиками. Полученные результаты показали, что естественное освещение участники сочли предпочтительным преимущественно в случае скульптур, тогда как в случае картин предпочтительным оказалось искусственное освещение. Выбор на-

правления движения в сторону естественного света становится более частым в переходных зонах и к концу выставки. Выбор направления движения сильно зависит от профессии: архитекторы предпочитали двигаться в сторону естественного освещения, тогда как творческие работники предпочитали искусственное освещение.

Ключевые слова: освещение музеев и галерей, выставка, навигация, искусственный свет, естественный свет.

1. Введение

Выставочная деятельность невозможна без света. При проектировании освещения выставочных пространств необходимо учитывать многочисленные количественные и качественные параметры. Выбор освещения в значительной степени воздействует на восприятие выставки в целом, влияя как на качество демонстрации и восприятие экспонатов, так и на атмосферу в выставочных помещениях. Характеристики пространства и объектов также влияют на выбор освещения и восприятие [1], что делает уникальным каждый проект выставочного освещения. Кроме того, важность того или иного фактора зависит от конкретного объекта. Из-за подобной уникальности экспонатов многие галереи и музеи исповедуют «хаотический» подход к освещению [2]. Однако если понять предпочтения работников музеев в части выбора освещения и их связь с такими факторами, как тип выставки и источники света, то можно сформулировать некоторые общие рекомендации.

Выставочная деятельность – это разносторонний процесс, и приоритеты в части освещения и мотивация его выбора могут изменяться в зависимости от профессии. Для людей, связанных с консервацией музейных предметов, основным фактором является их сохранность, тогда как для архитекторов главным является каче-

ство внутреннего пространства, а для творческих работников (скульпторов, художников и кураторов выставок) – художественная выразительность экспонатов [2, 3]. Эти подходы необходимо сбалансировать, выработав для этого соответствующие руководства. Подобные руководства существуют, но при этом проектировщики освещения и кураторы выставок со временем вырабатывают свои собственные подходы к освещению, исходя из опыта, накопленного методом проб и ошибок [4, 5]. Это приводит к несогласованности, которую в других областях сочли бы вредной. Игнорируется даже основная цель, а именно, обеспечение должного восприятия выставки посетителями и удовлетворение их ожиданий, хотя осознание этой цели полезно для создания интерактивного и органичного проекта освещения. Кроме того, с каждым годом увеличивается объём неопубликованных данных, требующихся для понимания и развития музейного освещения [2].

Ещё одним противоречивым моментом является естественное освещение. Его избегают главным образом из соображений консервации музейных предметов, связанных, например, с УФ излучением. Хотя разрушающее действие света зависит от типа материала, солнечный свет является вредным для любых материалов. Что касается зрительного комфорта и качества освещения, то прямой солнечный свет и блёккость неприемлемы в любых условиях. Управление естественным освещением считают слишком трудоёмким и рискованным из-за динамического характера этого освещения [6, 7]. С другой стороны, отказ от естественного освещения выставочных пространств нельзя считать малозначимым, так как энергосбережение следует обеспечивать независимо от предназначения здания. Несмотря на сложившееся в отрасли негативное или безразличное отношение, проводятся многочисленные исследования, посвящённые достоинствам естественного освещения в части качества зрительного восприятия, удовлетворённости посетителей и экологичности, и содержащие варианты соответствующих проектных решений [8]. Кроме того, реакция на свет зависит от формы выставочного пространства и типа выставки, и достоинства естественного освещения следует оценивать для разных условий.

¹ Перевод с англ. Е.И. Розовского.

Следует изучить и психологическое воздействие света, особенно, применительно к перемещению по выставке (навигации). Освещённые участки привлекают внимание, и люди демонстрируют тенденцию к движению в их сторону [9]. В большинстве случаев посетители выбирают одно, наиболее эффективное направление перемещения по выставке, однако свет можно использовать для управления этим перемещением. Хотя всесторонние исследования в этой области и не проводились, можно обратиться к исследованиям в области освещения магазинов [10]. Аналогично освещению магазинов, на выставках имеются как точки, требующие фокусирования внимания, так и участки, позволяющие посетителям расслабиться и не так уставать от непрерывной сосредоточенности. Поэтому освещение не должно быть монотонным и постоянно интенсивным. Обычным способом обеспечения этого является разделение выставки на зоны, между которыми располагаются освещённые по-другому переходные зоны, такие как фойе, коридоры и т.д. [1, 8]. Естественное освещение можно использовать для нейтрализации эффекта лабиринта и направления посетителей. Характеристики естественного освещения, зрительная связь с окружающим пространством и раскрытие формы могут сформировать внутренне-наружную динамику (*in-and-out dynamism*) [11]. Связь между освещаемыми по-разному участками следует тщательно проектировать. Целью этого исследования, сфокусированного главным образом на перечисленных выше вопросах, состояла в том, чтобы с разных сторон рассмотреть выбор освещения применительно к выставочным пространствам. При этом исследовалось влияние на предпочтения посетителей типа освещения и многих других параметров, таких как выставочное пространство и тип экспозиции.

2. Метод

2.1. Виртуальная модель

Для выявления условий, влияющих на предпочтения участников в части освещения, проявляющиеся в виде выбора направления движения по выставке, использовались несколько виртуальных выставочных помеще-

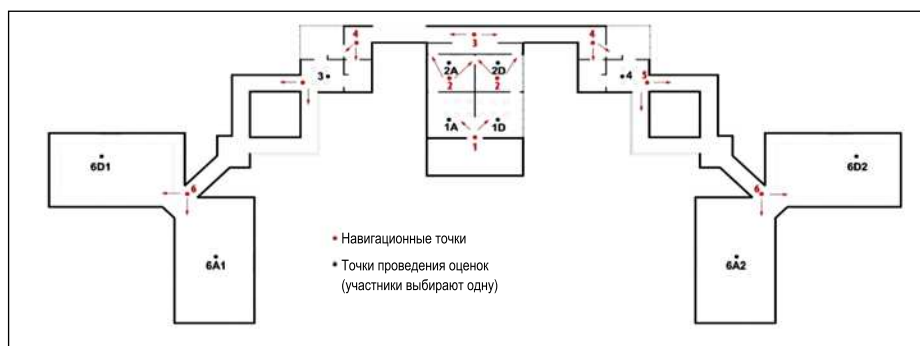


Рис. 1. План выставочного пространства

ний. Модель была сформирована при помощи пакета программ *ArchiCAD* (рис. 1). Выставочные пространства были сформированы таким образом, чтобы получить шесть вариантов пространств (табл. 1, рис. 2), которым соответствуют обозначенные на рис. 1 чёрным цветом точки проведения оценок 1A, 1D, 2A, 2D, 3, 4, 6A и 6D, и переходные зоны. Эти переходные зоны, такие как коридоры, использовались для локализации обозначенных на рис. 1 красным цветом навигационных точек 1, 2, 3, 4, 5 и 6, в которых

участники выбирали, в какое помещение они направятся. Идентичные, если не считать источники света, выставочные пространства располагались рядом, предоставляя возможность выбора для получения однозначного результата на каждом этапе.

Сформированная модель была импортирована в программу *Lumion 6.0*, обеспечившую визуализацию для перемещения по модели в реальном масштабе времени. При этом в модель были включены скульптуры и картины. Точечные светильники типа

Таблица 1

Классификация рассмотренных помещений

Выставочные пространства	Размеры пространства	Экспонаты	Источник света
1A	Среднее	Скульптуры	Искусственный
1D			Естественный
2A		Картины	Искусственный
2D			Естественный
3	Маленькое	Скульптуры	И то, и другое
4			
6A	Большое	И то, и другое	Искусственный
6D			Естественный

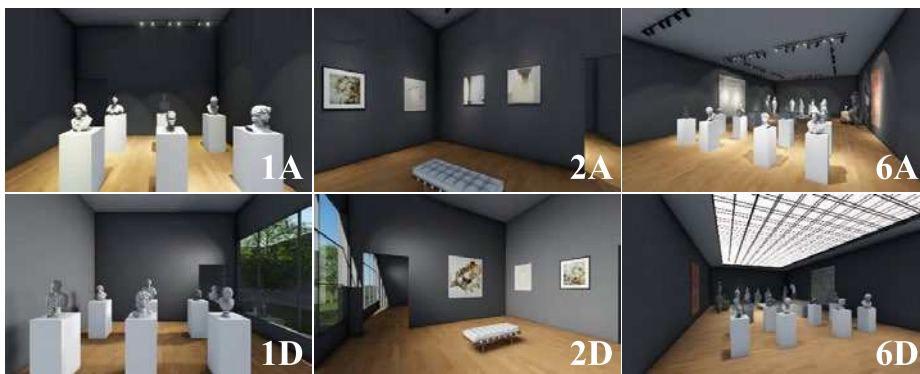


Рис. 2. Оценивавшиеся выставочные пространства

spotlight (далее – точечные светильники) были установлены для искусственного освещения конкретных участков (обозначенных буквой «А»), тогда как участки с естественным освещением (обозначенные буквой «В») освещались солнечным светом. В выставочном пространстве *D* был использован светящийся материал потолка, что позволило имитировать световой фонарь. Все точечные светильники имели одни и те же коррелированную цветовую температуру, яркость и угол излучения.



Рис. 3. Виды из навигационных точек

2.2. Вопросник

Был подготовлен вопросник, разделённый на три этапа. На первом этапе участники в 6-ти навигационных точках выбирали, по какому пути они продолжают движение (рис. 3). В этих точках они должны были выбрать, в сторону какого участка – с естественным или искусственным освещением – они предпочтут двигаться. Соответствующий выбор обозначался словами «направо» или «налево» (рис. 2). Выбор искусственного или естественного освещения регистрировался, соответственно, как 1 и 2.

На втором этапе участники выбрали приглянувшееся им выставочное пространство и отвечали по 5-балльной (от 1 до 5) шкале Ликерта на 11 вопросов касающихся этого пространства (рис. 4). Первый вопрос, касающийся отождествления типа источника света, позволял оценить зрительную адекватность программы *Lumion*. При ответах на вопросы 2–9 участники должны были оценить как демонстрацию экспонатов, так и выставочное пространство. Так как при оценке коррелированной цветовой температуры человеческое восприятие обманчи-

во [6], то вопрос 10 был задан специально для того, чтобы выявить связь между характеристиками помещения и света применительно к восприятию коррелированной цветовой температуры. Вопрос 11 предназначался для оценки степени предпочтительности рассматриваемых пространств. На заключительном этапе участники должны были из заданных на втором этапе вопросов (1–11) выбрать три, которые они считают самыми важными для оценки освещения.

В опросе приняли участие 90 жителей г. Измира. В соответствии со своими профессиями, участники были разделены на три группы: 30 архитекторов (включая студентов), 30 творческих работников (скульпторы, художники и кураторы выставок) и 30 посетителей (другие профессии). Участники были разделены на эти три группы для того, чтобы понять предпочтения в выборе освещения и их причины именно для этих групп. Так как ответы на вопросы являются сугубо личными и интерактивными, что обусловлено возможностью выбора между разными вариантами и управления виртуальным простран-

ством, то участники отвечали на вопросы по одному. Опрос проводился на протяжении трёх месяцев, причём в качестве переменных рассматривались как условия освещения, реализованные применительно к вопроснику, так и персональные данные и возможные дефекты зрения. В опросе приняли участие 59 женщин и 31 мужчина в возрасте 17–25 (33 %), 26–35 (37 %) и 36–75 (30 %) лет.

2.2. Статистический анализ

Для анализа полученных данных были использованы обычный метод наименьших квадратов, дисперсионный анализ, *t*-тест, и линейная регрессия (рис. 5). Применительно к первой части вопросника был использован метод линейной регрессии, позволивший установить наличие значимых связей между типом источника света и выбором направления движения. В дальнейшем, результаты, соответствующие разным профессиональным группам, анализировались по отдельности.

Ответы на вторую часть вопросника анализировались двумя разными ме-

Таблица 2

Средние значения (*M*) и среднеквадратические отклонения (*S*) результатов, полученных на всех этапах, и результаты дисперсионного анализа (*P*-значения)

Этап	1		2		3		4		5		6		Дисперсионный анализ
	<i>M</i>	<i>S</i>	<i>M</i>	<i>S</i>	<i>M</i>	<i>S</i>	<i>M</i>	<i>S</i>	<i>M</i>	<i>S</i>	<i>M</i>	<i>S</i>	
Выбор													<i>P</i> -значение
Все группы	1,49	0,50	1,44	0,50	1,64	0,48	1,56	0,50	1,70	0,46	1,57	0,50	0,005
Архитекторы	1,50	0,51	1,43	0,50	1,67	0,48	1,67	0,48	1,73	0,45	1,57	0,50	0,15
Посетители	1,57	0,50	1,50	0,51	1,70	0,47	1,53	0,51	1,77	0,43	1,57	0,50	0,238
Творческие работники	1,40	0,50	1,40	0,50	1,57	0,50	1,47	0,51	1,60	0,50	1,57	0,50	0,448

Навигационные точки		1	2	3	4	5	6
Направо		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Налево		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Выберите выставочную зону		1	2	3	4	5	
Тип освещения	1 – естественное	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	искусственное
Демонстрация экспонатов	2 – разрозненное	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	целостное
	3 – чёткое	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	нечёткое
	4 – тусклое	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	яркое
	5 – унылое	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	привлекательное
	6 – напрягающее	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	расслабляющее
	7 – жёсткое	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	мягкое
	8 – некомфортное	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	комфортное
Качество пространства	9 – несбалансированное	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	однородное
10 – Насколько приятна КЦТ? (обведите выбранный вариант кружком)		Слишком тёплая <input type="checkbox"/>	Тёплая <input type="checkbox"/>	Отличная <input type="checkbox"/>	Холодная <input type="checkbox"/>	Слишком холодная <input type="checkbox"/>	
11 – Зрительное восприятие качества пространства в целом?		Очень плохое <input type="checkbox"/>	Плохое <input type="checkbox"/>	Приемлемое <input type="checkbox"/>	Хорошее <input type="checkbox"/>	Очень хорошее <input type="checkbox"/>	

Рис. 4. Вопросник, этапы 1 и 2

тодами, и было проведено сравнение полученных результатов анализа. Применительно к *t*-тесту были сформированы 5 пар, что позволило упростить оценку различий между пространствами. Метод наименьших квадратов использовался для выявления уместности применения тех или иных критериев оценки к различным выставочным пространствам. Уместность каждого из критериев анализировалась применительно к оценивавшимся помещениям (табл. 1), из которых в целях правильного применения метода наименьших квадратов были исключены выставочные пространства 3 и 4. Важность критериев оценивалась посредством попарного сравнения помещений с использованием *t*-теста. Аналогичные результаты, полученные при использовании других методов анализа, упоминаются в разделе 4.

3. Результаты

3.1. Навигация

Различия в выборе направления движения имели место в каждой навигационной точке (табл. 2 и рис. 4). В столбцах табл. 2 приведены усреднённые результаты выбора направ-

ления движения для всех трёх групп в целом, а также для групп, состоящих из архитекторов, творческих работников и посетителей. Выбор направления движения в сторону естественного или искусственного освещения приводит, соответственно, к увеличению или уменьшению усреднённого результата. Если приведённое в табл. 2 среднее значение ближе к 1, то имеет место тенденция к выбору направления движения в сторону искусственного освещения, а если среднее значение лежит в интервале от 1,5 до 2, то предпочтительным оказывается дви-

жение в сторону естественного освещения. В навигационных точках 1–6 участники предпочитали двигаться в сторону искусственного освещения в, соответственно, 51, 56, 36, 44, 30 и 43 % случаев. Результаты дисперсионного анализа, проведённого применительно ко всем участникам, говорят о том, что имеют место существенные различия между выбором освещения в каждой из навигационных точек ($p = 0,005$). Если проводить анализ для каждой из групп участников в отдельности, то каждая из групп предпочитает какой-то один тип освещения

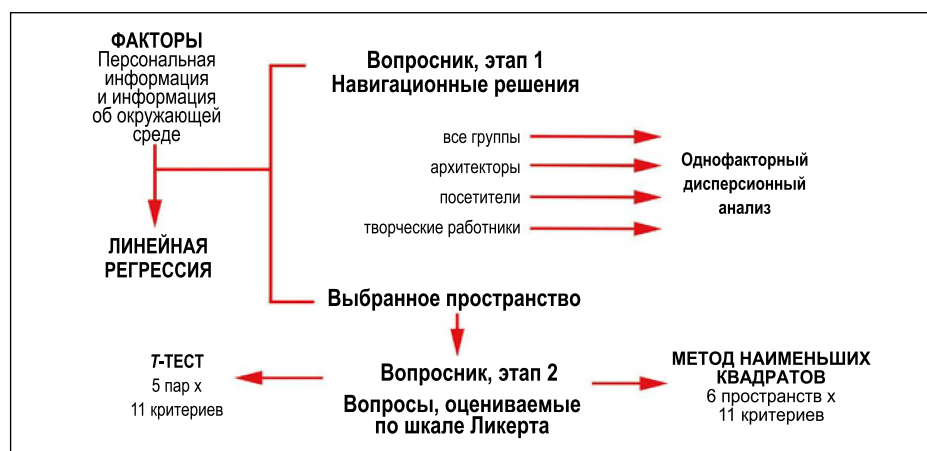


Рис. 5. Схема проведения статистического анализа

Т-критерии Стьюдента для пар пространств

Пары пространств / Критерии	1	2	3	4	5
	1A-1D	2A-2D	1A-2A	1D-2D	6A-6D
1 – Естественное / Искусственное	0,0013	0,0001	0,1872	0,1375	0,0001
2 – Разрозненное / Целостное	0,4841	0,0155	0,2378	0,0888	0,0020
3 – Нечёткое / Чёткое	0,1518	0,0489	0,4079	0,3305	0,4648
4 – Тусклое/ Яркое	0,4445	0,0925	0,2672	0,0492	0,4738
5 – Унылое / Привлекательное	0,3676	0,3484	0,3169	0,3551	0,2660
6 – Напрягающее / Расслабляющее	0,1194	0,2781	0,0170	0,0391	0,1062
7 – Жёсткое/ Мягкое	0,0142	0,4580	0,0019	0,1904	0,3102
8 – Некомфортное / Комфортное	0,0426	0,3078	0,0040	0,0806	0,1885
9 – Несбалансированное / Однородное	0,3488	0,3432	0,0865	0,2246	0,2079
10 – Цвет света	0,1136	0,0555	0,2930	0,3115	0,4907
11 – Зрительное качество	0,0398	0,4055	0,0531	0,2836	0,1491

(рис. 6). Если не принимать во внимание точку 2, то архитекторы предпочитают участки с естественным освещением. Посетители во всех точках выбирали направление движения тоже в сторону естественного освещения. С другой стороны, творческие работники во всех случаях за исключением точки 6 предпочитали двигаться в сторону искусственного освещения, причём у этой группы выбор направления движения в сторону естественного освещения наблюдался реже и в переходных зонах.

Различия имелись и в выборе предпочтительных для выставочных помещений источников света (точки 1, 2, 4 и 6), тогда как в переходных зонах (точки 3 и 5) участники явно предпочитали естественное освещение. Полученные результаты говорят о том, что в первой точке участники разделились почти поровну. Следует обратить внимание и на не связанные с освещением факторы, такие как пространство и расположение экспонатов. Кроме того, участники утверждали, что при движении по выставке они придерживались определённой системы (по или против часовой стрелки), чтобы посмотреть все экспонаты. Несмотря на вышесказанное, тенденция к движению в сторону естественного освещения усиливается при приближении к концу экспозиции. Это можно объяснить усталостью от фо-

кусирования внимания на экспонатах или другим типом светового проёма в пространстве 6D. Искусственный свет используется главным образом для того, чтобы отвлечь внимание от окружающего экспонат пространства и сфокусировать его на самом экспонате [1, 12]. Фокусирование должно быть ослаблено для поддержания

внимания посетителей. Хотя навигация исследовалась по мере перехода из одного помещения в другое, полученные результаты демонстрируют заметные различия между типами выставочных пространств. Участники чаще предпочитают двигаться в сторону помещений с искусственным освещением, если экспонаты представ-

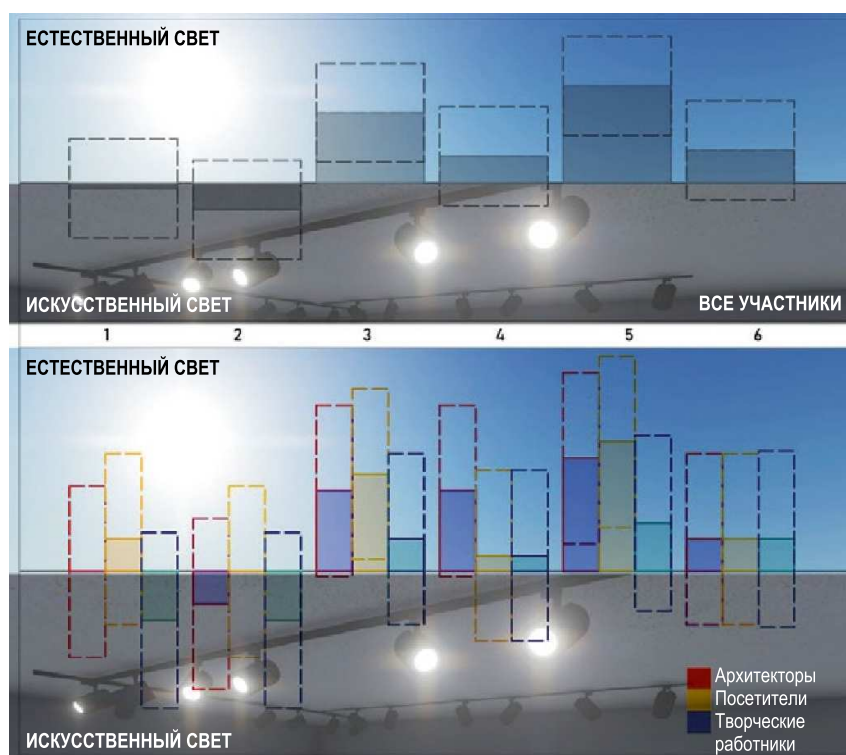


Рис. 6. Предпочтительное освещение для всех навигационных точек

Средние значения и среднеквадратические отклонения (σ) результатов оценки пространств по шкале 1–5 для всех критериев

Пространства / Критерии		1A	1D	2A	2D	3 и 4	6A	6D
1 – Естественное / Искусственное	Среднее	4,00	1,90	3,45	1,44	2,50	4,10	2,19
	σ	1,41	1,10	1,21	0,86	0,84	1,10	1,23
2 – Разрозненное / Целостное	Среднее	3,78	3,80	4,18	3,22	3,67	4,60	3,46
	σ	1,39	0,92	0,98	1,26	1,03	0,70	1,50
3 – Нечёткое / Чёткое	Среднее	4,67	4,30	4,73	4,11	3,50	4,00	4,04
	σ	0,50	0,95	0,65	1,28	1,05	1,15	1,15
4 – Тусклое/ Яркое	Среднее	3,67	3,60	3,91	4,33	3,67	3,60	3,58
	σ	0,87	1,17	0,83	0,77	1,21	0,84	1,14
5 – Унылое / Привлекательное	Среднее	3,56	3,70	3,73	3,83	4,00	4,10	3,85
	σ	0,88	0,95	0,65	0,79	0,89	0,99	1,26
6 – Напрягающее / Расслабляющее	Среднее	2,78	3,50	4,09	4,33	3,00	2,80	2,23
	σ	1,30	1,27	1,22	0,69	1,67	1,14	1,31
7 – Жёсткое/ Мягкое	Среднее	2,11	3,40	3,82	3,78	3,33	2,90	3,08
	σ	1,17	1,17	1,08	0,81	1,03	0,74	1,35
8 – Некомфортное / Комфортное	Среднее	3,44	4,20	4,55	4,67	3,17	4,20	3,77
	σ	0,88	0,92	0,69	0,49	1,33	1,32	1,14
9 – Несбалансированное / Однородное	Среднее	3,78	4,00	4,45	4,33	3,17	4,10	3,69
	σ	1,20	1,25	0,82	0,69	1,17	1,37	1,12
10 – Цвет света	Среднее	3,22	2,70	3,00	2,56	2,83	3,30	3,31
	σ	0,97	0,82	0,77	0,51	0,75	0,95	0,62
11 – Зрительное качество	Среднее	3,33	4,10	4,00	3,94	3,33	4,20	3,81
	σ	1,00	0,74	0,63	0,54	0,82	1,03	0,80

ляют собой картины, а не скульптуры (точки 1 и 2).

3.2. Выбор пространств, существенные факторы и относительная важность вопросов

Полученные результаты говорят о том, что из всех приведённых в табл. 1 пространств наблюдатели в 29 % случаев, то есть чаще всего, выбирали пространство 6D (рис. 7). Основное отличие этого пространства от остальных заключается в наличии светового проёма, представляющего собой зенитный панельный фонарь. Вторым наиболее часто выбиравшимся пространством было пространство 2D, которое также освещается естественным светом. Это не согласуется с соотношениями между

полученными в других случаях предпочтительными сочетаниями «естественное освещение – скульптуры» и «искусственное освещение – картины». С другой стороны, сам по себе такой выбор не позволяет сделать вывод относительно предпочтений, так как при этом следует учитывать и привлекательность. Для совмещения «выбора» и уровня «предпочтительности» выраженный в процентах выбор пространств был сопоставлен с ответами на вопрос № 11 (табл. 4), согласно которым пространство 6A получило наивысшую оценку, несмотря на то, что оно было выбрано только в 11 % случаев.

Метод линейной регрессии был использован для объяснения влияния всех переменных на ответы на связанные с выбором вопросы, например, навигационные. При этом в качестве

воздействующих факторов рассматривались обозначенные цифрами личные данные и характеристики окружающей среды. Например, были выделены три возрастные группы, обозначенные как 1, 2 и 3. Полученные результаты

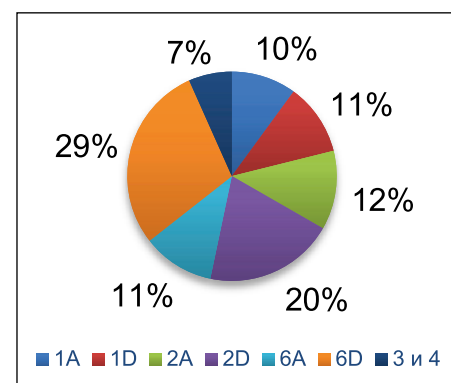


Рис. 7. Выбор пространств в процентном выражении

показали, что возраст является решающим фактором в первой навигационной точке, в которой следует выбрать направление движения в сторону помещения 1А или помещения 2А. Во второй и в третьей навигационных точках важное значение имеет пол участника. При этом характеристики окружающей среды и зрительные факторы не оказывают на выбор никакого существенного влияния.

В конце опроса участники должны были выбрать три критерия/вопроса, позволяющие понять осознание ими роли и влияния освещения. Наиболее важным для оценки освещения был назван вопрос № 1 о типе источника света (искусственный или естественный), который был выбран 47 раз, тогда как вопросы, касающиеся яркости (№ 4) и коррелированной цветовой температуры (№ 10) были выбраны, соответственно, 35 и 36 раз. Расслабление (вопрос № 6), зрительное качество (вопрос № 11), равномерность (вопрос № 9) и комфорт (вопрос № 8) были выбраны, соответственно, 26, 28, 24 и 20 раз. Реже всего отмечались такие критерии, как целостность (вопрос № 2), чёткость (вопрос № 3), привлекательность (вопрос № 5) и мягкость (вопрос № 7), которые были выбраны, соответственно, 15, 10, 14 и 15 раз.

3.3. Попарное сравнение пространств (*t*-тест)

Для понимания и выявления влияния пространства и экспозиции было проведено попарное сравнение пространств с использованием *t*-теста. Для проведения анализа были выбраны 5 пар пространств, которые оценивались применительно к 11-ти разным критериям. Эти пары были специально сформированы таким образом, чтобы между входящими в них пространствами было только одно отличие, например, тип источника света или тип экспозиции, тогда как остальные характеристики этих пространств были одинаковыми. Приведённые в табл. 3 уровни значимости были проанализированы совместно с приведёнными в табл. 4 усреднёнными результатами. Применительно к изменению источника света были сформированы пары 1А-1D, 2А-2D и 6А-6D, тогда как пары 1А-2А и 1D-2D были сформированы применительно к изменению типа экспозиции.

В паре 1А-1D представлены скульптуры. В случае *t*-теста существенные результаты были получены применительно к четырём вопросам. При этом, зрительная достоверность визуализации была признана успешной, так как различия между источниками света с лёгкостью (уровень значимости 0,0013) замечались участниками (вопрос № 1). Что касается оценки по шкале «жесткий – мягкий» (вопрос № 7), то естественное освещение было признано существенно более мягким ($p = 0,0142$). В случае 3-мерных объектов точечные светильники создают более резкие тени, чем естественное освещение. Как и в случае вопроса № 7, естественное освещение было признано зрительно более комфортным ($p = 0,0426$). Менее контрастные и более мягкие тени были восприняты как более комфортные, что согласуется с результатами многих других исследований. И наконец, применительно к зрительному качеству, освещение скульптур естественным светом было оценено на 0,7 баллов выше и оказалось предпочтительным с уровнем значимости $p = 0,0398$.

Пара 2А-2D позволила сопоставить естественное и искусственное освещение картин при неизменности всех остальных характеристик. Результаты *t*-теста говорят о значимости пяти вопросов. Как и в случае пары 1А-1D, участники смогли уверенно оценить источники света ($p = 0,0001$). Освещённое искусственным светом пространство с картинами воспринималось как более целостное ($p = 0,0155$). Сбалансированность контрастирующих участков была обеспечена точечными светильниками. Одинаково высвеченные картины отвлекают внимание от остального пространства, которое воспринимается как зрительно ритмичное. Что касается ответов на вопрос № 3, то освещённое искусственным светом пространство с картинами было сочтено более чётким, что также можно объяснить тем, что точечные светильники формируют большее количество точек фокусирования внимания ($p = 0,0489$). Несмотря на такие же, как и в случае пары 1А-1D, уровни освещённости, в случае пары 2А-2D освещённое естественным светом пространство с картинами воспринималось как более яркое ($p = 0,0555$).

В рамках третьей пары сравнивались освещённые искусственным све-

том пространства со скульптурами (1А) и с картинами (2А). Существенные результаты были получены применительно к пяти вопросам. Никакие значимые различия между типами источников света выявлены не были, так как оба пространства освещались источниками света одного типа. Применительно к расслаблению, пространство с картинами было оценено на 1,20 балла выше, чем пространство со скульптурами ($p = 0,0170$). Столь же существенные различия были получены и при сравнении таких же пространств (1D и 2D), освещаемых естественным светом. Независимо от типа источника света, относительный размер занимаемого экспонатом пространства является для этой оценки решающим. Помимо этого, пространство с картинами было сочтено более мягким ($p = 0,0019$) и зрительно более комфортным ($p = 0,0040$). Как и в случае пары 1А-1D, тени в освещённом искусственным светом пространстве со скульптурами оказались более резкими, чем в случаях того же пространства, освещённого естественным светом, или пространства с картинами. Кроме того, пространство с картинами воспринимается как более сбалансированное ($p = 0,0865$). Применительно ко всем вышеупомянутым четырём вопросам пространство с картинами было оценено «положительно», а ответы на пятый вопрос говорят о его более высоком зрительном качестве ($p = 0,0531$).

В рамках четвёртой пары сравнивались освещённые естественным светом пространства со скульптурами (1D) и с картинами (2D). Пространство со скульптурами было признано более цельным ($p = 0,0888$). В отличие от пространства с картинами, в пространстве со скульптурами тени формируют ансамбль. Что касается вопроса № 4, то пространство с картинами воспринималось как более яркое несмотря на одинаковый уровень освещённости ($p = 0,0492$). Пространство с картинами позволяет светить сильнее, создавая при этом меньше теней. Соответственно, пространство с картинами было сочтено более расслабляющим ($p = 0,0391$) и зрительно комфортным ($p = 0,0806$).

И наконец, было проведено сравнение отличающихся только источниками света выставочных пространств 6А и 6D. При этом, зрительная достоверность визуализации была опять при-

Результаты, полученные методом наименьших квадратов, с указанием важных коэффициентов, характеризующих связь между выставочным пространством и критериями оценки

	1A	1D	2A	2D	6A	6D
2 – Разрозненное / Целостное	0,865	0,835	0,413	0,446	0,146	0,714
3 – Нечёткое / Чёткое	0,039	0,146	0,025	0,223	0,362	0,263
4 – Тусклое/ Яркое	1,000	0,897	0,631	0,157	0,897	0,842
5 – Унылое / Привлекательное	0,397	0,559	0,589	0,722	0,845	0,732
6 – Напрягающее / Расслабляющее	0,726	0,421	0,077	0,021	0,747	0,160
7 – Жёсткое/ Мягкое	0,040	0,908	0,391	0,398	0,345	0,611
8 – Некомфортное / Комфортное	0,592	0,044	0,007	0,002	0,044	0,177
9 – Несбалансированное / Однородное	0,283	0,136	0,020	0,024	0,096	0,283
10 – Цвет света	0,317	0,725	0,655	0,424	0,221	0,157
11 – Зрительное качество	1,000	0,061	0,097	0,101	0,035	0,184

знана успешной (вопрос № 1), так как различия между источниками света были хорошо заметны ($p = 0,0001$). Освещённое искусственным светом пространство воспринималось как более цельное ($p = 0,0020$), что можно объяснить наличием ритма, формируемого сфокусированным светом и тенями.

3.4. Анализ создаваемого пространством впечатления (с использованием метода наименьших квадратов)

Помимо t -теста, связь между характеристиками выставочного пространства и критериями оценки/вопросами была проанализирована при помощи метода наименьших квадратов (табл. 5). Третий критерий (нечёткое/чёткое) оказался существенным в пространствах с искусственным освещением 1A и 2A. В выставочном пространстве 6A этот критерий оказался несущественным, т.к. в этом пространстве присутствовали экспонаты обоих типов, и оно выглядит более просторным. Пространства с картинами 2A и 2D оказались более расслабляющими по сравнению с остальными пространствами. Пространство 2D с естественным освещением было сочтено наиболее расслабляющим. Наблюдается существенная связь между критерием 7 (жёсткость) и выставочным пространством 1A, так как это пространство освещается искусственным светом и, в то же время, содержит

скульптуры, что приводит к образованию более резких теней. Эти критерии оказались одинаково важными применительно к демонстрации картин как при искусственном, так и при естественном освещении (2A и 2D соответственно). За исключением пространств 1A и 6D, критерий 8 (комфортность) оказался примерно одинаково важным для всех пространств. Пространства с картинами 2A и 2D были признаны зрительно комфортными, что согласуется с оценками применительно к критерию 6 (расслабленность). В пространствах со скульптурами, как, впрочем, и в других пространствах, естественное освещение представляется более комфортным. Критерий 9 (равномерность) оказался существенным в пространствах с картинами. Искусственное освещение было признано более сбалансированным (критерий 9) благодаря акцентирующему освещению. И наконец, пространство 6A было оценено намного выше (критерий 11). За ним следуют освещённое естественным светом пространство со скульптурами 1D и освещённое искусственным светом пространство с картинами 2A.

4. Обсуждение и выводы

В данном исследовании вопросник был использован для выявления связи между пространством, типом экспозиции и особенностями наблюдателей применительно к освещению выставок. Для оценки влияния типа освеще-

ния на выбор направления перемещения по выставке (навигации) была использована виртуальная модель. Так как выставочная деятельность охватывает многие дисциплины, то участники отбирались в равной пропорции из архитекторов, посетителей и творческих работников, что позволило выявить различия в их предпочтениях. Ответы на вопросы были проанализированы несколькими методами, которые дали одинаковые результаты.

Применительно к навигации, естественное освещение оказалось предпочтительным в переходных зонах. Эта тенденция двигаться в сторону естественного света усиливалась к концу выставки. При этом выбор направления перемещения зависит от того, к какой группе принадлежали участники опроса. Архитекторы предпочитали естественный свет, а творческие работники – искусственный. Пространство 6D с естественным освещением оказывалось предпочтительным наиболее часто, хотя, если судить по результатам t -теста и метода наименьших квадратов, зрительно более привлекательным было сочтено пространство 6A. Связь между «предпочтительностью», «зрительным качеством» и «привлекательностью» можно исследовать в дальнейшем. Следует также отметить, что наиболее важным критерием оценки освещения участники опроса считают источник света.

Аналогичные результаты были получены на втором этапе исследований при помощи t -теста и мето-

да наименьших квадратов. В первую очередь было установлено, что программа *Lumion* с успехом обеспечивает точность зрительного моделирования в любых условиях. Результаты применения *t*-теста показали, что естественное освещение воспринимается как более мягкое, и оно же оказалось более комфортным по оценкам, проведённым обоими методами. Искусственное освещение оценивалось применительно к точечным светильникам. Так как точечные светильники являются акцентирующими, то сочетание ярких и тусклых участков воспринимается вполне целостным и сбалансированным. Пространства со скульптурами были сочтены более целостными и получили более высокую оценку. Ещё одно различие между типами экспонатов состояло в использовании пространства и количестве теней. Результаты, полученные обоими методами, показали, что благодаря меньшей загруженности пространства и меньшему количеству теней пространства с картинами воспринимаются как расслабляющие, яркие, мягкие и зрительно комфортные. Помимо оценки влияния вида экспозиции и характеристик пространства, была установлена связь между зрительным комфортом и равномерностью освещения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Cuttle, C.* Light for Art's Sake Lighting for Artworks and Museum Displays. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2007.
2. *Garside, D., Curran, K., Korenberg, C., MacDonald, L., Teunissen, K., Robson, S.* How is museum lighting selected? An insight into current practice in UK museums // *Journal of the Institute of Conservation.* – 2017. – Vol. 40, No. 1. – P. 3–14.
3. *Ajmat, R., Sandoval, J., Arana Sema, F., O'Donnell, B., Gor, S., Alonso, H.* Lighting design in museums: Exhibition vs. Preservation // *WIT Transactions on the Built Environment.* – 2011. – Vol. 118. – P. 195–206.
4. *Druzik, J. R., Eshoj, B.* (2007). Museum lighting: its past and future development. In: *Museum Microclimates* / Ed. T. Padfield and K. Borchersen. – National Museum of Denmark, 2007. – P. 51–56.
5. *Kesner, C.W.* Analysis of the museum lighting environment // *Journal of Interior Design.* – 1997. – Vol. 23, No. 2. – P. 28–41.
6. *Thomson, G.* The Museum Environment. – 2nd ed. – London: Butterworths-Heinemann, 1986.
7. *Cannon-Brookes, S.* (2000). Daylighting galleries: performance criteria // *Lighting*

Research and Technology. – 2000. – Vol. 32, No. 3. – P. 161–168.

8. *Kim, C. S., Chung, S. J.* (2011). Daylighting simulation as an architectural design process in museums installed with toplights // *Building and Environment.* – 2011. – Vol. 46, No. 1. – P. 210–222.

9. *Blake, S., Hall, J., Sissel, S.* Using Lighting to Enhance Wayfinding. – 2010.

10. *Şener Yılmaz, F.* (2018). Human factors in retail lighting design: an experimental subjective evaluation for sales areas // *Architectural Science Review.* – 2018. – Vol. 61, No. 3 / – P. 156–170.

11. *Fördergemeinschaft Gutes Licht.* Good Lighting for Museums, Galleries and Exhibitions. In: *Information on Lighting Applications* / Frankfurt: Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2007. – P. 48.

12. *Haans, A.* The Natural Preference in People's Appraisal of Light // *Journal of Environmental Psychology.* – 2014. – Vol. 39, No. 9. – P. 51–61.



Аслыхан Чевик (Aslıhan Çevik).

Обучается в магистратуре Измирского технического института. Ассистент Измирского технического института. Область научных интересов:

архитектурное освещение и физика зданий



Тугче Казанмаз (Tuğçe Kazanmaz),

Ph.D. Профессор кафедры архитектуры Измирского технического института. Имеет 19-летний опыт преподавательской

работы в области архитектурного освещения, физики зданий и энергоэффективного проектирования



Хасан Энгин Дюран (Hasan Engin Duran),

Ph.D. Доцент кафедры планирования развития городов и территорий Измирского технического института. Имеет 14-летний

опыт преподавательской работы в области развития регионов, статистического анализа и методов исследований

Эластичный секундомер светится на коже человека

Вполне возможно, что в недалёком будущем мы будем проверять, кто звонит, или, к примеру, изучать список необходимых покупок, просто взглянув на светящийся дисплей на тыльной стороне ладони.

Такие решения, которые исследователи относят к разряду человеко-машинных интерфейсов, больше не являются научной фантастикой.

Инженеры, материаловеды и специалисты в области гибкой электроники уже разработали растягивающиеся светоизлучающие устройства, называемые электролюминесцентными дисплеями переменного тока (*alternating-current electroluminescent (ACEL) displays*).

Их можно крепить к коже. Однако для достижения достаточной яркости подобным дисплеям требуется относительно высокое напряжение, что небезопасно для потенциального пользователя.

Эту проблему решили исследователи из Нанкинского университета (КНР). Они создали растяжимое светоизлучающее устройство, которое работает, даже когда напряжение очень низкое.

Между двумя гибкими электродами из серебряных нанопроволок исследователи поместили электролюминесцентный слой, состоящий из светоизлучающих микрочастиц, распределённых в растягиваемом диэлектрическом материале.



Последний представляет собой гибкий полимер со встроенными керамическими наночастицами. Благодаря этому материалу новое устройство превзошло по яркости все существующие ACEL-дисплеи.

В качестве демонстрации возможностей команда Поднебесной создала секундомер с четырёхзначным дисплеем, который затем поместили на кисть руки добровольца.

Тесты показали, что при низких, а значит, безопасных для пользователя напряжениях эластичный дисплей излучал достаточно яркий свет: цифры можно было увидеть даже в хорошо освещённом помещении.

Авторы уверены, что их разработка найдёт широкое применение в «умных» носимых устройствах, мягкой робототехнике и человеко-машинных интерфейсах будущего.

О проделанной работе китайские учёные отчитались в статье в журнале «*ACS Materials Letters*».

nauka.vesti.ru
31.10.2029