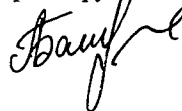


МОСКОВСКИЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ ИНСТИТУТ
(государственная академия)

На правах рукописи



Батова Анастасия Геннадьевна

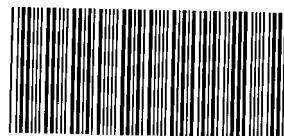
**ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ
АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Специальность 05.23.21 – Архитектура зданий и сооружений. Творческие
концепции архитектурной деятельности

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата архитектуры

15 НОЯ 2012

Москва 2012



005054913

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Московский архитектурный институт (государственная академия)» на кафедре «Архитектурная физика»

Научный руководитель:

доктор архитектуры, профессор
Щепетков Николай Иванович

Официальные оппоненты:

Ефимов Андрей Владимирович
доктор архитектуры, профессор, заведующий
кафедрой дизайна архитектурной среды
ФГБОУ ВПО «Московский архитектурный
институт (государственная академия)»

Елизаров Виктор Жоржевич
кандидат архитектуры,
ООО «Экспоник-Дизайн», архитектор

Ведущая организация:

ФГБУ «Научно-исследовательский институт
теории и истории архитектуры
и градостроительства»
(НИИТИАГ РААСН)

Защита состоится 04 декабря 2012 года в 14.00 на заседании Диссертационного совета Д 212.124.02 при ФГБОУ ВПО «Московский архитектурный институт (государственная академия)» по адресу: 107031, г. Москва, ул. Рождественка, д.11/4, корп.1, стр.4

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Московский архитектурный институт (государственная академия)»

Автореферат разослан 03 ноября 2012 г.

Ученый секретарь Диссертационного совета,
кандидат архитектуры



С.В. Клименко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Работа посвящена выявлению роли искусственного света в «прочтении» архитектурники освещенных зданий и сооружений и созданию на этой базе характерного ночного образа архитектурных объектов в городе. В основу исследования положено понятие «тектоники» как «семантической основы архитектурного художественно-выразительного языка»¹, требующее отдельного изучения в контексте современного подхода к искусственному освещению архитектуры.

Искусство наружного освещения как отдельных городских объектов, так и архитектурных пространств и ансамблей, активно развивавшееся на протяжении XX века, в последние годы приобрело статус самостоятельности. При растущем социальном спросе на базе архитектуры, дизайна и светотехники родилось новое междисциплинарное направление профессиональной деятельности – световой дизайн. Теоретическая и методологическая основы его находятся в начальной стадии разработки. Существуют нормы, регламентирующие количество света на объектах городской среды и частично – качественную составляющую наружного освещения, однако, наука пока не предлагает способов перевода количества освещения в качество световой среды. Действующие нормативы весьма элементарны. В практическом проектировании архитектурного освещения господствует штучный, интуитивный, эмпирический подход.

Отсутствие рекомендаций по концептуальной части наружного освещения порождает в ночных городах световой хаос и зрительный дискомфорт, что негативно действует на психо-эмоциональное состояние человека, понижает экологическое и эстетическое качество архитектурной среды, отрицательно влияет на экономику города, лишая ее возможности рационального расходования электроэнергии, получения прибыли от вечернего туризма и активизации социальной жизни. На сегодняшний день, когда проектирование искусственного света принимает урбанистические масштабы, т.е. разрабатываются концепции освещения не отдельных зданий, а улиц, ансамблей и городов, вопрос освещения, в первую очередь объектов культурного наследия, как никогда актуален.

Историческая архитектура как важнейший элемент национального наследия лежит в основе морфологии большинства городов и заслуживает право быть узнаваемой в любое время суток. Образ исторических зданий и сооружений неразрывно связан в нашем восприятии с определенными условиями дневного освещения, для которых они проектировались. Как следствие, необходимым условием искусственного освещения является сохранение индивидуальной образности и композиционной целостности объекта, в отсутствии которых визуальная идентификация его затрудняется. Попытка сделать архитектуру узнаваемой трудно реализуема без критерия «узнаваемости». Таким критерием данная работа определяет понятие тектоники. Поиск концепций освещения отталкивается от типа тектонической системы объекта.

Для зрительного сохранения тектоники при искусственном освещении необходимо исследовать его параметры, требуемые для визуализации здания как целостной тектонической системы. К ним относятся нормируемые сегодня характеристи-

¹ Волчок Ю.П. Тектоника / Волчок Ю.П. // Теория композиции в советской архитектуре / под ред. Кирилловой Л.И.; ЦНИИ теории и истории архитектуры. – М.: Стройиздат, 1986. – С. 69.

ки: яркость и яркостные контрасты.

Степень изученности темы. Вопрос влияния искусственного света на зрительное восприятие и интерпретацию архитектоники конкретно не исследовался. Существуют немногочисленные теоретические труды по изучению роли естественного света в восприятии архитектуры. На этой основе и сформулированы современные понятия тектоники. В области искусственного освещения в какой-то мере изучалось лишь зрительное восприятие плановости и глубины пространства, влияние контрастного освещения на восприятие формы, интенсивности и цветности света на эмоциональные оценки, на видимость и визуальный комфорт световой среды города.

Диссертационное исследование опирается на работы, посвященные наружному освещению, в том числе архитектурному, а также на научные труды в области светотехники, теории архитектуры, социологии, психологии, видеоэкологии, светодизайна.

Теоретические и практические вопросы искусственного освещения раскрываются в трудах И.Азизян, Д. Барнетт, Д. Бениа, А. Данлера, Н.Гусева, М. Ишии, М.Краутер, К. ван Сантена, В.Лукхардта, В.Макаревича, Р.Нарбони, Д.Нойманна, Н.Оболенского, Д.Филлипса, Т.Шилке, Н.Щелеткова, Ф. Янноне.

Научно-технические вопросы возможностей осветительного оборудования в области архитектурного освещения отражены в работах Ю.Айзенберга, Р.Келли, В.Келера, Е.Мясоедовой, В.Пятигорского.

В области теории цвета и колористики городской среды работа опирается на разработки И. Гёте, А.Ефимова, И. Иттена, Л. Лиманской, И. Мигалиной, Л. Мирновой, Ф.-О. Рунге, не рассматривающие, однако, вопросы восприятия архитектуры в условиях искусственного освещения.

Проблемы архитектоники при дневном свете исследуются в работах И. Азизян, Д.Аркина, К. Беттихера, А.Веснина, Ю.Волчка, М.Гинзбурга, Г.Земпера, А.Иконникова, С. Лебедева, О.Мунц, Ю.Сомова, В.Степанова, Л.Таруашвили, Ф.Отто, Р. Ф. де Шамбре, П.Франкля, Я.Чернихова.

Методы социологических исследований, использованных в диссертации, представлены авторами: В.Андреенковым, И.Бутенко, А.Гусевым, О.Масловой, А.Наследовым, Л. Терстоуном, В.Журавлевой, В. Ядовым.

Особенности психологии зрительного восприятия объектов среды (в условиях естественного освещения) отражены в изученных трудах Р.Арнхейма, С.Вавилова, А.Высоковского, Д. Гибсона, Р.Грегори, В.Зинченко, С.Кравкова, В.Филина.

Однако, до сих пор не исследованы проблемы:

- образного «родства» или тождественности архитектурных объектов при естественном и искусственном освещении;
- особенностей восприятия и сохранения целостности архитектурной формы в условиях искусственного освещения;
- определения и фиксации критериев, обеспечивающих целостность освещаемой архитектурной формы в темное время суток;
- выявления светокомпозиционных характеристик, определяющих образно-тектоническое «постоянство» архитектуры зданий и сооружений при искусственном освещении.

Проблема исследования – сохранение характерной для дня зрительной целостности архитектурной формы в условиях искусственного освещения. Формирова-

ние родственного дневному визуального образа объекта средствами электрического света.

Гипотеза исследования – каждая тектоническая система требует своего типа архитектурного освещения.

Цель исследования – разработка принципов проектирования искусственного освещения фасадов архитектурных объектов трех тектонических систем – стеновой, ордерной, арочно-сводчатой.

Задачи исследования:

- оценить роль естественного света, создающего «эталонные» условия для прочтения тектонических систем зданий и сооружений;

- исследовать возможности искусственного освещения в образной презентации тектоники фасадов архитектурных объектов;

- найти варианты освещения, наиболее полно раскрывающие характерные особенности стеновой, ордерной, арочно-сводчатой тектонических систем. Определить базовые элементы архитектурной композиции в этих системах и их яркостные характеристики, при которых тектоника фасада воспринимается убедительно и родственно «эталонным» условиям при дневном освещении;

- разработать принципы проектирования освещения фасадов архитектурных объектов.

Объект исследования: архитектура фасадов зданий и сооружений при искусственном освещении.

Предмет исследования: светокомпозиционные решения трех тектонических систем, обеспечивающие образное родство освещаемой архитектурной формы ее дневному прототипу.

Границы исследования: исследованы освещаемые фасады зданий и сооружений, относящихся к образцам стеновой, ордерной, арочно-сводчатой тектоники, которые составляют основной массив сохранившейся исторической застройки в городах, в т.ч. памятники архитектуры. Проблемы визуального взаимодействия освещаемых зданий в пределах архитектурных ансамблей не рассматриваются. Светодизайнерские границы - яркостные (как базовые светокомпозиционные) характеристики без учета цветности и кинетики освещения.

Методика исследования. Работа основывается на комплексном подходе и включает:

- анализ литературных источников, нормативно-методических документов, интернет-ресурсов;

- натурное обследование освещенных фасадов архитектурных объектов с приборной и фотофиксацией яркостных характеристик;

- графическое и проекционное светомоделирование на образцах трех исследуемых тектонических систем для проведения оценочных опросов;

- экспериментальные статистические исследования по зрительной оценке графических изображений освещенных объектов, разработанные автором по методике парного сравнения (модель Терстоуна);

- лабораторное светомоделирование на трехмерных макетах. Исследование пространственных композиций из светодиодных модулей на основе различных световых сценариев;

- системный анализ сопоставляемых яркостных характеристик (по каждому из тектонических типов) по результатам натурального, экспериментального и лаборатор-

ного исследований.

Научная новизна исследования заключается в:

- определении (впервые) критериев зрительной оценки архитектурных объектов исследуемого тектонического типа, необходимых для формирования прогнозируемого облика объектов при искусственном освещении;

- формулировке новых принципов наружного освещения архитектуры, основанных на эффективном выявлении характерных черт ее тектоники, – принципа «тектонического» освещения или на создание светокомпозиционных схем, игнорирующих тектонику, т.е. принципа «декоративного» освещения.

- выявлении предпочтительных яркостных соотношений элементов архитектурной композиции, обеспечивающих тектоническую целостность объекта, комплексными методами аналитического, натурного и лабораторного исследования;

- определении оптимальных светокомпозиционных схем для проектирования освещения фасадов объектов стеновой, ордерной, арочно-сводчатой архитектуры;

- разработке рекомендаций по созданию «тектонического» или «декоративного» светового образа архитектурного объекта.

Теоретическая значимость исследования:

- исследовано многозадачное содержание термина «архитектоника», в т.ч. применительно к условиям искусственного освещения объектов, введены и расшифрованы новые условные термины «тектоническое» и «декоративное» освещение;

- изложены и систематизированы существующие подходы к искусственному освещению архитектурных объектов с позиции их образно-тектонической целостности как вопросы создаваемой теории светодизайна;

- для объектов стеновой, ордерной и арочно-сводчатой тектонических систем определены основные архитектурные элементы (зоны), искусственное освещение которых оказывает решающее влияние на восприятие и образную интерпретацию их тектоники;

- апробированная методика парного сравнения применительно к объективизированной (статистической) оценке восприятия освещенных объектов показала себя состоятельной и рекомендуется для аналогичных исследований в данной области.

Практическая ценность диссертации:

- результаты исследований, представленные в виде определенных диапазонов яркостных соотношений применительно к конкретному типу тектоники освещаемого объекта, могут быть использованы в реальном проектировании городского освещения;

- комплексная методика аналитического, натурного и лабораторно-статистического исследования с измерением и обработкой светотехнических характеристик дает конкретные и сопоставимые результаты, применимые при разработке проектов архитектурного освещения городских объектов;

- выявленные яркостные характеристики во взаимосвязи с архитектурной формой могут быть использованы для уточнения действующих методических и нормативных документов по наружному освещению, а также в учебных курсах по архитектурной светологии, светодизайну, в курсовых и дипломных проектах архитекторов и дизайнеров архитектурной среды.

На защиту выносятся:

- методика комплексного определения светокомпозиционных характеристик на основе аналитической, натурной и лабораторно-статистической зрительной оцен-

ки искусственного освещения объектов, их макетов и изображений с обработкой объективных (измеренных) светотехнических характеристик;

- светокомпозиционные характеристики, способствующие созданию тектонического (родственного дневному) образа освещаемого архитектурного объекта;

- особенности образной интерпретации освещаемой архитектуры исследованных тектонических типов, которые при изменении яркостных параметров приводят к позитивной или негативной оценке качества освещения;

- принципы проектирования архитектурного освещения фасадов объектов стеновой, ордерной, арочно-сводчатой типов тектоники.

Внедрение и апробация.

Основные результаты работы:

- опубликованы в научных статьях, изложены на научно-практических конференциях: в МАРХИ (2011-2012 гг.), на Международной конференции «Color and Light in Architecture» (г.Венеция, Италия, 2010 г.), на V Международном форуме «Интеллектуальная собственность—XXI век» в ТПП РФ (2012 г.).

- использованы в проектной практике: автор проектов архитектурного освещения офисных зданий в г. Москве на ул.Рочдельская и. Б.Переяславская, Средних торговых рядов, «Дома-Коммуны» (памятник архитектуры конструктивизма), Православного комплекса Храма Спаса Нерукотворного Образа, М.О., кинотеатра Низами и музея Гобустан, Баку, соавтор концепции создания единой светоцветовой среды на ул. Проспект Мира (18 проектов стадии П) и ул. Б.Якиманка (4 проекта стадии П и РП);

- внедрены в учебный процесс МАРХИ и ДВФУ (г.Владивосток) в качестве экспериментальных лабораторных работ для студентов IV-V курсов (2010-2012гг);

- применены в НИР в рамках государственного задания Минобрнауки на 2011-2012 годы в МАРХИ.

Структура работы.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения с обобщающими выводами и библиографии, а также приложения, включающего иллюстративный материал.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассматривается состояние вопроса, обосновывается актуальность темы, определяются проблема, цель и задачи, предмет и объект, границы и методика исследования. Обосновываются научная новизна, теоретическое и практическое значение диссертации.

В первой главе - **«Роль природного и искусственного освещения в восприятии архитектоники зданий»** изучаются понятие «архитектоника» в теории архитектуры и тектонические системы, входящие в рамки исследования. Исследуется роль природного и искусственного света в прочтении и зрительной интерпретации тектонических систем: стеновой, ордерной, арочно-сводчатой на основе анализа литературных источников и натурных оценок. Выявляются параметры наружного освещения, необходимые для восприятия здания как целостной тектонической системы.

1.1 Понятие «тектоники» в теории архитектуры. Изучение «тектонической» проблематики было начато уже в эпоху античности², а введенное в теорию архитектуры К.Беттихером в сер. XIX века само понятие тектоники исследуется и интерпретируется по сей день. Обилие трактовок термина, концепций, частных и общих подходов сходятся в одном: тектоника - синтезное понятие, объединяющее образную и конструктивную стороны архитектуры. Это одно из главных средств ее художественной выразительности.

Диссертационная работа принимает за основу определение, данное в книге «Теория композиции как поэтика архитектуры»: тектоника - «...чувственно-наглядный образ механической устойчивости (стабильности)», но не застылости, инертности формы. Следуя за рассуждениями Л.И. Таруашвили, диссертация основывается на том, что здание должно *не только быть* устойчивым и прочным, *но и казаться* таковым. Ощущение же прочности и устойчивости архитектурного объекта несет в себе более высокую цель – дать зрителю чувство покоя и красоты.

1.1.1 Тектоника стеновых конструкций. Объекты стеновой тектоники должны *зрительно восприниматься устойчивыми, прочными, однородными*, что обусловлено их конструктивными и художественными особенностями. А именно: конструкция «тела» стены работает на устойчивость и зрительный эффект устойчивости; свойства материала и характер его соединения между собой работают на прочность и зрительный эффект прочности объекта; организация проемов работает на однородность (монолитность) и впечатление однородности (монолитности). Зрительная однородность - дополнительный критерий, помогающий воспринимать тектонику стены.

1.1.2 Тектоника ордерных систем. Объекты ордерной тектоники должны *зрительно восприниматься устойчивыми, прочными, не плоскими*, благодаря их конструктивным и художественным особенностям. В ордерной системе форма колонны и ритм колоннады работают на устойчивость и зрительный эффект устойчивости; капитель как связь между колонной и антаблементом в ордере работает на прочность системы и зрительный эффект прочности. Дополнительным критерием становится плановость элементов ордерной композиции.

1.1.3 Тектоника арочно-сводчатых конструкций. Объекты арочно-сводчатой тектоники должны *зрительно восприниматься устойчивыми, прочными, легкими*, что обусловлено их конструктивными и художественными особенностями. Тектонические типы развивались по принципу: перекрыть все большее пространство без дополнительных опор, соответственно необходимым условием развития конструкции была ее реальная и визуальная легкость. Логика этой эволюции можно проследить, изучив развитие тектонических типов: стеновая конструкция – ордерная конструкция (дорический-ионический-коринфский ордер) – арочно-сводчатая (пространственная) конструкция (арка-свод-купол).

1.2 Роль света в прочтении и зрительной интерпретации тектонических систем: стеновой, ордерной, арочно-сводчатой.

1.2.1 Свет как средство выявления плановости и глубины пространства. На восприятие плановости и глубины пространства сильное влияние оказывает

² Азизян И. А. Теория композиции как поэтика архитектуры / И. А. Азизян, И. А. Добрицына, Г. С. Лебедева; Науч.-исслед. ин-т архитектуры и градостроительства, Рос. акад. архитектуры и строит. наук. - М. : Пресс-традиция, 2002. - с.79

яркостной контраст композиционных элементов ближнего и дальнего планов. Контраст может быть положительным (объект светлее фона) и отрицательным (объект темнее фона). Тип контраста дает различное восприятие плановости. В условиях *естественного освещения* В.Г.Макаревичем был проведен ряд экспериментов, основанных на измерении яркостных показателей поверхностей. «Природное освещение...научило нас оценивать глубину рельефа или пространства при положительном и отрицательном контрасте, т.е. когда «выступающей» является большая яркость (при диффузном освещении) и когда «выступающей» становится меньшая яркость (при солнечном освещении)»³. В книге «Световая архитектура» выдвинут тезис о том, что солнечный свет, образующий четкие тени, выигрышен для ордерной архитектуры, а диффузный свет, помогающий воспринимать силуэт и пластику определенных элементов, но скрадывающий глубину, предпочтителен для выявления тектоники стеновых объектов.

При *искусственном свете* восприятию зрительной глубины пространства способствуют: 1) разность яркостей между ближним и дальним планами (данные о том, какой план должен быть ярче, разнятся. Этот вопрос исследуется в диссертационной работе); 2) контрастная и светотеневая детализовка первого плана по отношению к дальнему; 3) различная цветность света (данные о том, какой план должен быть холодным, а какой теплым, разнятся. Большинство методических пособий рекомендуют использовать холодный свет для выявления дальнего плана и теплый для первого).

Выявление и иллюзорная трансформация плановости архитектурной композиции при искусственном освещении - это поиск приемов эффективного выявления глубины пространства.

1.2.2 Свет как средство выявления архитектурной формы (объем, пластика, цвет). *Природный свет* имеет единое направление – сверху вниз. Это предопределяет единообразие характера теней и распределения яркостей, следовательно, и единообразное восприятие материальных форм. Естественный свет - «родной» для человека, поэтому даже вопреки изменениям условий освещения наша память позволяет узнавать форму. Например, при диффузном освещении ствол отдельно стоящей колонны кажется плоским, т.к. все его точки равноярки, но, если задать вопрос взрослому наблюдателю: «Какой формы Вы видите колонну?», он с большой долей вероятности ответит: «Цилиндрической». То же можно сказать и о цветовой памяти человека: наша способность нейтрализовать оттенки цветного света в процессе восприятия позволяет распознать белое здание даже на закате не как оранжевое, а именно как белое, освещенное оранжевым светом солнца.

Направление *искусственного света* может быть любым, в зависимости от положения и юстировки осветительного прибора. Таким образом, каждое новое направление светового потока влечет за собой свое направление падающих теней, где распределение яркостей и характер контрастов часто неожиданны для наблюдателя. Цветной свет, все более используемый в искусственном освещении, способен зрительно изменить цвет искомой поверхности до неузнаваемости. При

³ Гусев Н.М. Световая архитектура / Гусев Н.М., Макаревич В.Г. - М.: Стройиздат, 1973, с.155.

этом память не подсказывает человеку, каковы форма и цвет объекта на «самом деле»; это исключает возможность узнавания и заставляет «верить» глазу на 100%.

Возможность управления направлением, мощностью, цветностью и кинетикой света дает безграничные возможности по изменению визуального восприятия всех категорий архитектурной формы, и в результате – образа объекта. Осознанное или интуитивное создание новой визуальной формы делает освещение оригинальным искусством.

Любую форму поверхности можно условно разделить на прямолинейную (плоскую) и криволинейную (объемную).

Плоскостная форма зрительно обеспечивается: 1) фронтальным заливающим освещением с определенной равномерностью; 2) локально-градиентным, где максимальная сила света расположена у основания или завершения объекта.

Криволинейная форма зрительно выявляется: 1) боковым скольльзящим освещением; 2) заливающим или локальным светом, совпадающим с изменением формы. При этом выпуклую, выступающую на зрителя часть освещают с наименьшей или наибольшей яркостью.

Максимальное психо-эмоциональное воздействие на человека, как при естественном, так и при искусственном освещении, оказывают яркостные и цветовые контрасты, создаваемые направленностью разноинтенсивных и разноспектральных световых потоков и цветом объектов предметного мира. Для увеличения эмоциональной напряженности архитектурной композиции средствами искусственного освещения можно: а) увеличить яркостные контрасты (контраст предмета и фона при соотношении 1:3 считается слабым, 1:4-1:7 – нормальным, 1:7-1:10 – допустимым, более чем 1:15 – чрезмерным, т.е. неприятным, дискомфортным для зрения); б) увеличить цветовые контрасты (использовать дополнительные цвета света, освещать цветные плоскости светом, цветность которого будет близка их цвету плоскости и т.п.); в) использовать непривычное направление света; г) применять светодинамику.

1.3 Анализ примеров освещения архитектурных объектов в городской среде. Искусственное освещение с образной точки зрения может:

1) имитировать природное: а) без учета особенностей восприятия объектов в ночной среде (сохраняются светлотные соотношения элементов фасада); б) с учетом специфических особенностей восприятия в ночной среде, *т.е. тектоническое*; (выделяет конструктивную систему объекта как композиционную основу образа, направлено на создание впечатления, эмоционально близкого дневному);

2) предлагать альтернативный образ: а) декоративное освещение (визуальное превращение объема в плоскость или в светографический/контурный рисунок); б) объемно-декоративное освещение (объем, форма, наличие планов объекта сохраняются, но прописывается новая система взаимоотношений главных и второстепенных элементов архитектуры).

1.3.1 Тектоника стеновых конструкций. Крепостная стена и христианский храм - классические примеры исторической архитектуры стеновой тектоники. В России и Европе это в основном постройки эпохи античности, времен Древней Руси, эпохи Возрождения, барокко, классицизма.

При освещении объектов стеновой тектоники возможно два принципиально разных подхода. Первый обеспечивает равномерное или градиентное освещение всей плоскости стены, сохраняя ее визуальную цельность, монолитность. Для этого используются приемы заливающего и/или локального освещения. В большинстве случаев данный прием создает тектонический образ (церковь памяти кайзера Вильгельма, *Берлин*; Храм Христа Спасителя, стены Кремля, *Москва*; здание Биг-Бена и Вестминстерский дворец, *Лондон*). Степень тектоничности зависит от вектора света, соотношения максимальных и минимальных яркостей ключевых элементов объекта.

Второй подход предполагает фрагментарность освещения и определенный декоративный эффект, т.е. радикальное отличие от дневного образа. Технически решается локальным или светографическим освещением. Объект начинает дробиться на составляющие, терять цельность, формируется новый альтернативный образ (фасад Исторического музея, выходящий на Манежную площадь, здание ГУМ, Белые палаты, *Москва*; жилой дом, *Катовице*). Визуально важные качества стены как тектонической системы (монолитность, однородность) теряются, объект обретает новое звучание.

1.3.2 Тектоника ордерных систем. В настоящее время памятники ордерной архитектуры чаще всего наделены общественными функциями: это музеи, театры, административные здания. В России и Европе представлены преимущественно памятниками античной архитектуры, эпохи Возрождения, классицизма.

В освещении объектов ордерной тектоники можно выделить два направления. В первом варианте колоннада и антаблемент зрительно не связаны и имеют различные воспринимаемые яркости (здание Биржи, Санкт-Петербург). Объекты, решенные таким образом, имеют тенденцию восприниматься декоративно. Во втором - колоннада и антаблемент выступают единым фронтом, объединенные воспринимаемой яркостью. Элементы первого плана могут быть светлее фоновой стены, имитируя естественное освещение (Ротонда Таможни, Париж), или темнее фоновой стены, являясь «негативом» дневного прототипа (Бранденбургские ворота, Берлин). Решенный таким образом портик следует законам тектоники. При этом степень воспринимаемой тектоничности будет зависеть от яркостного контраста первого и дальнего планов. Зрительно контраст должен быть не очень сильным (сильный контраст создает эффект аппликации) и не очень слабым (сливает планы воедино).

1.3.3 Тектоника арочно-сводчатых конструкций. Архитектура арочно-сводчатой тектоники богато представлена акведуками, триумфальными арками, купольными соборами античности, эпохи Возрождения, барокко, классицизма, а также зданиями, имеющими арочно-ячеистую структуру по всем или одному уровню.

В освещении арочных конструкций может быть выделено три основных направления. При первом наружная стена сооружения выглядит светлее арочного свода и фона, на который проецируется свод (мост де Пьер, Бордо); при втором наружная стена кажется темнее арочного свода (Колизей, Рим); при третьем наружная стена, свод, фон, на который он проецируется, воспринимаются равнояркими (базилика Палладиана, Виченца). Более тектоничным кажется объект, в котором воспринимаемая яркость выявляет логику конструктивного и

художественного строения объекта, т.е. освещенные по первому или второму вариантам.

Основная сложность освещения арочно-сводчатого объекта заключается в наличии промежуточного плана – пространственного арочного свода, воспринимаемого в ракурсах. Поэтому важно выявить не просто плановость, но трехмерность конструкции.

Основные выводы:

1. Тектоничная архитектура должна *не только быть* устойчивой и прочной, но и *казаться* таковой. Ощущение прочности и устойчивости архитектурного объекта несет в себе более высокую цель – *дать зрителю чувство покоя и красоты*. Тектоничным воспринимается объект стеновой системы, производящий впечатление устойчивости, прочности, однородности (монолитности), ордерной - впечатление устойчивости, прочности, плановости (глубины), арочно-сводчатой - впечатление устойчивости, прочности, легкости.

2. Солнечное освещение дает четкое восприятие объемно-пластической формы и понимание глубины пространства, что способствует восприятию ордерной тектоники. Диффузное освещение скрадывает глубину и пластику архитектурных элементов, но работает на силуэтность, и благоприятствует восприятию стеновой тектонической системы. Образные характеристики тектонических систем при дневном свете служат эталоном для сравнения с подобными характеристиками при искусственном освещении.

3. В условиях естественного освещения объект всегда узнаваем, т.к. память нейтрализует в процессе восприятия некоторые зрительные иллюзии. В условиях искусственного освещения зритель доверяет глазу в большей степени, что дает безграничные возможности для различной интерпретации образа архитектурного объекта, делает освещение новым оригинальным искусством и влечет необходимость разработки принципов проектирования наружного архитектурного освещения.

4. Светокомпозиционная схема, игнорирующая тектонические особенности архитектурного объекта, ведет к созданию декоративного образа. Этот способ может быть назван *принципом декоративного освещения*. Светокомпозиционная схема, ориентированная на выявление тектонических особенностей архитектурного объекта, ведет к созданию тектонического образа. Этот путь назван *принципом тектонического освещения*. При этом яркостные соотношения элементов, определяющих работу конструкции и пространственность композиции, играют первостепенную роль для зрительного восприятия тектоничности объекта.

Во второй главе – «Экспериментальное исследование приемов наружного освещения архитектурных объектов» представлены натурные, статистические и лабораторные исследования автора, направленные на выявление особенностей восприятия тектоники зданий при различных приемах искусственного освещения.

2.1 Натурные исследования яркостных композиций фасадов освещенных объектов. Яркостные характеристики выбранных объектов были измерены с помощью мобильного яркомера LMK фирмы TECHNO TEAM, Германия. Результаты обрабатывались в программе LMK Labsoft Standart Color. Освещение каждого объекта получило субъективную оценку.

2.1.1 Тектоника стеновых конструкций. Для исследования яркостных композиций освещаемых фасадов стеновой тектоники взяты следующие объекты: стены Московского Кремля, ансамбля 1-й Градской больницы, Андроникова, Донского, Новодевичьего монастырей, фасад Белых палат на Пречистинке. Все исследуемые объекты – памятники архитектуры 15-18 веков. Яркостные характеристики измерялись в зоне всего фасада, определялись средняя яркость объекта и соотношения яркостей различных зон световых пятен.

В результате анализа измеренных в натуре яркостей фасадов при искусственном освещении были сделаны следующие выводы:

1. Замечаемый глазом градиент яркости оценивается позитивно, т.к. способствует восприятию стены как целостного тектонического объекта.

2. Градиент с соотношением яркостей 3:1 по вертикали на плоскости более четырех метров по высоте при средней яркости фасада 5-7 кд/м² оценивается положительно.

3. Разноспектральный свет, создающий цветовой контраст, усиливает впечатление разности яркостей (данный вопрос является спорным в светотехнике).

4. Для сохранения тектонической целостности в системе «стена-башня» предпочтительно использовать схожие приемы их освещения.

5. Для выявления плановости в системе «стена-башня» предпочтительно разграничивать объекты яркостями. Контраст 1,5:1 достаточен для разграничения плановости (при одинаковых приемах освещения).

6. Яркостной градиент с соотношением более 1:10 с резким переходом от темного к светлому на плоскости менее трех метров по вертикали «рвет» форму. Формируется светотеневой рисунок, «живущий» по своим законам, тектоническая целостность стены пропадает, узнаваемость объекта осложняется, создается новый образ, нередко вызывающий чувство беспокойства.

2.1.2 Тектоника ордерных систем. Для исследования освещенных фасадов ордерной тектоники взяты: здания ГМИИ им. А.С.Пушкина, МАДИ (Московского автомобильного института), ЦДРА (Центральный дом Российской армии), Большого театра, МУР на ул.Петровка, д.38, Строгановской академии. Они выполнены в стиле классицизма и неоклассицизма, имеют колонный портик разной глубины. Яркостные характеристики изучались в зоне портиков, определялись средняя яркость их фасадов, соотношения яркостей объектов первого плана (колонны и антаблемент) и второго плана (фоновая стена).

В результате были сделаны следующие выводы:

1. Ночной образ ордерной архитектуры создается совокупностью характеристик световой картины. Гармонично в пропорциях решенный портик – еще не залог успеха.

2. В темное время суток глубина пространства портика воспринимается благодаря разности яркостей разноплановых элементов.

3. На восприятие образа объекта влияют в большей степени не конкретные величины яркости, а соотношения яркостей определенных элементов его архитектурной композиции. Для ордерной архитектуры (на примере портика) – это соотношение яркости первоплановых колоннады с антаблементом к яркости второплановой фоновой стены;

4. Близкие усредненные яркостные характеристики первоплановых фронтона, антаблемента, колоннады способствуют выявлению характера ордерной тектоники.

5. Яркостные отношения антаблемента и колоннады к фоновой стене $L1/L2=1/3-1/4$ работают на выявление индивидуальности образа ордерной архитектуры, соотношения $L1/L2=1/8$ чрезмерны для ордерной тектоники, иллюзорно уменьшается глубина пространства, зрительный образ приобретает декоративность, делает объекты похожими.

2.1.3 Тектоника арочно-сводчатых систем. Для исследования световой композиции объектов арочно-сводчатой тектоники взяты фасады зданий: МУР на ул.Петровка, д.38, наземных вестибюлей станций метро Добрынинская и Таганская (кольцевая), Москва.

Яркостные характеристики изучались и измерялись в зоне всего фасада, определялись его средняя яркость, соотношения яркостей объектов первого (наружная стена), промежуточного (арочный свод) и второго планов (фоновая стена).

В результате анализа сделаны следующие выводы:

1. Средняя яркость свода, почти невидимого с фронтального направления, имеет важное значение для формирования образа арочно-сводчатой архитектуры, воспринимаемой в перспективных ракурсах.

2. При соотношениях средних яркостей внешняя стена: арочный свод: фоновая стена=1:5:3 и 1:2,5:1,5 объект воспринимается цельно, плановость (трехмерность) композиции воспринимается достоверно.

3. При соотношениях средних яркостей внешняя стена: арочный свод: фоновая стена 1:11,5:3,5 объект принимает декоративно-драматичное звучание. Теряются глубинность, трехмерность композиции.

4. При хорошей читаемости световой композиции средняя яркость внешней стены объекта должна относиться к средней яркости фона не менее, чем 1,5:1 или 1:1,5

2.2 Графическое светомоделирование и статистические исследования по выявлению образных особенностей тектонических систем. Для изучения восприятия трех исследуемых тектонических систем при естественном и искусственном освещении был проведен ряд экспериментов с использованием графического материала. Испытуемые отвечали на вопросы специально разработанной анкеты с предъявлением визуального ряда - графических изображений вариантов наружного освещения выбранных систем.

Целевую группу респондентов составили студенты старших курсов архитектурных ВУЗов (МАРХИ и ДВФУ), всего – 180 человек. Каждому испытуемому предлагалась анкета, состоящая из двух блоков: текстового и графического. В текстовых вопросах респонденты выбирали наиболее близкий им вариант ответа⁴. Задания для работы с графическим материалом представлялись респондентам проекционным способом на экране в затемненной аудитории. Оценочный эксперимент проводился методом парного сравнения по модели Терстоуна. Для каждого тектонического типа (стенового, ордерного, арочно-сводчатого) была составлена отдельная анкета, термин «тектоника» в поставленных вопросах напрямую не фигурировал.

По освещению объектов для каждого тектонического типа было составлено несколько рядов (ряд - набор изображений, объединенных внутренней логикой). Первой задачей было установить верную последовательность изображений внутри ря-

⁴ Полный текст анкеты представлен в диссертации.

да по принципу нарастания тектоничности⁵. Второй задачей стало сравнение самых «сильных» изображений от каждого ряда между собой для определения самого тектоничного ряда и/или изображения. Отобранные изображения прошли оценочный тест на категорию «нравится - не нравится». Цель сравнения - определить взаимосвязь между оценкой зрителем освещенного объекта и наличием у объекта визуальных тектонических свойств.

2.2.1 Тектоника стеновых конструкций. Испытуемые зрительно оценивали параметры «устойчивость», «прочность», «однородность» – слагающими реальной и визуальной тектоничности стеновой конструкции. Всего было оценено 34 изображения, из которых 29 – варианты искусственного освещения. Каждый респондент за несколько сеансов провел 180 сравнений, всего было проведено 10800 сравнений.

Испытуемым было предложено сравнить между собой в первом случае графическое изображение кирпичной стены: а) при солнечном освещении, б) при солнечном свете с тенями от других, схожих по масштабу, объектов, в) при свете пасмурного дня; во втором случае - фотоизображения храма Знамения в Дубровицах: а) при солнечном освещении, б) при рассеянном освещении.

Предполагалось: а) равнорядные поверхности выглядят более тектоничными, нежели поверхности с падающими тенями; б) наиболее тектоничным объект будет казаться в пасмурный день.

Исследование опровергло первое предположение и подтвердило второе. Если взять за точку отсчета стену, освещенную солнцем, то падающие тени, в зависимости от своего характера, яркостного контраста могут увеличивать или уменьшать впечатление тектоничности. Можно отметить тенденцию в восприятии объекта, как более тектоничного, при диффузном освещении.

Для исследования восприятия тектоники той же стены при искусственном освещении были составлены восемь логических рядов на графических изображениях, в каждом из которых последовательно изменялись заданные светокомпозиционные характеристики.

Первые два ряда - «Ритм 1» и «Ритм 2» - призваны установить допустимую степень разрыва между освещенными и неосвещенными частями плоскости, соответственно в вертикальном и горизонтальном направлениях, при которой объект не теряет зрительную целостность. По первому ряду проверялась гипотеза: чем больше равномерность распределения освещенности по горизонтали (при направлении светового потока в вертикальном направлении), тем тектоничней она будет восприниматься. Гипотеза подтвердилась. По второму ряду проверялось предположение: чем более явно выражен ритм световых пятен от локальных световых приборов, тем сложнее читается тектоника стены. Гипотеза подтвердилась.

На основе ряда «Направление света» исследовалась реакция респондентов на восприятие стены, освещенной а) сверху вниз, б) снизу вверх (т.е. по направлению вектора света). Предполагалось, что направление света не влияет на восприятие тектоничности объекта. Исследование не дало однозначного ответа. При анализе совокупных данных прослеживается тенденция в восприятии стены более тектоничной при освещении сверху вниз.

⁵ Объект было принято считать визуально более тектоничным, если все оцениваемые зрительные характеристики имели максимальные показатели по шкале интервалов.

Ряд «Графика» представляет собой варианты декоративного освещения стены и направлен на исследование влияния характера светового рисунка при восприятии ее текстоники. Предполагалось, что четкая структура светового рисунка дает большее впечатление текстоничности, чем свободная, а мягкая граница светотени - большее, чем резкая. Гипотеза подтвердилась не полностью⁶.

Ряд «Градиент яркости 1» направлен на исследование характера границы светового пятна. Предполагалось, что чем равномернее сопряжение света и тени, чем плавнее градиент, тем текстоничнее выглядит объект. Гипотеза подтвердилась.

Ряд «Градиент яркости 2» также проверяет влияние градиента яркости. Предполагалось, что более плавный градиент визуально делает стену более текстоничной. Предположение подтвердилось. Допустимый диапазон соотношений минимальной и максимальной яркостей будет исследован в лабораторном моделировании на трехмерном макете.

Ряд «Масштаб» ориентирован на проверку взаимосвязи относительных размеров светового пятна и стены. Предполагалось, что свет, являясь «строительным материалом» зрительных образов, может давать сомасштабные объекту освещенные плоскости. Тогда, чем сомасштабнее стене световые пятна, тем дольше она сопротивляется визуальному разрушению, и, соответственно, более текстонична. Гипотеза подтвердилась.

Ряд «Контробраз» призван проверить разницу в восприятии одинаково освещенного объекта в дневное и ночное время суток. Предполагалось, что в условиях ночного восприятия стена, освещение которой в точности имитирует дневное освещение или освещается как «негатив» относительно светлого времени суток, выглядит атектоничной. Гипотеза подтвердилась.

В данном исследовании подверглись анализу следующие характеристики освещения: 1) направление света (снизу вверх, сверху вниз), 2) разный градиент яркости (плавный или резкий переход от светлого к темному, отсутствие градиента), 3) расположение центра максимальной яркости относительно границ стены (у основания, ближе к центру), 4) характер края фрагментарно освещенной/теневой поверхности (размытый, четкий), 5) степень разрыва между освещенными и неосвещенными участками единой плоскости (в горизонтальном и вертикальном направлениях), 6) соотношение размеров светового пятна и всей стены, 7) характер светового рисунка/светопроекции, 8) прием освещения «контробраз».

Были сделаны следующие выводы:

1) Предпочтительное направление света – сверху вниз. Однако, решающую роль играет взаимосвязь направления света и расположения максимальной яркости относительно плоскости стены. Наибольшего эффекта текстоничности можно достичь только при их грамотном, совокупном использовании.

2) При желании освоить светом форму стены одно из основных значений приобретает характер границы освещенных и неосвещенных участков и относительный размер светового пятна. Характер границ должен быть, во-первых, однородным, во-вторых, плавным. Масштаб пятна должен соответствовать масштабу объекта. При логически выстроенной светотеневой композиции характер границы светового пятна теряет значение.

3) При значительной площади освещения желательно наличие градиента ярко-

⁶ Комментарии даны в тексте диссертации.

сти. При его отсутствии велик риск создать впечатление монотонности. Градиент яркости должен быть плавным, иначе тектоника стены предстанет искаженной.

4) Для выявления тектоники стеновой конструкции не стоит копировать дневное освещение объекта. Прототип образа солнечного или диффузного освещения в ночное время суток выглядит вялым и инертным, а копия-негатив освещенного якобы солнцем объекта с падающими от посторонних объектов тенями – декоративным.

При сравнении самых «сильных» изображений каждого ряда наиболее тектоничным было признано изображение ряда «Градиент яркости 2»: стена, освещенная бра (установлены в верхней четверти стены), с мягким светом. Наименее тектоничными признаны изображения рядов «Графика», «Ритм 2». Самые тектоничные изображения занимают в ряду зрительских симпатий твердое второе место.

2.2.2 Тектоника ордерных систем. Испытуемые зрительно оценивали параметры «устойчивость», «прочность», «плоскостность» объекта (глубина) – слагающие реальной и визуальной тектоничности ордерной конструкции. Дополнительно был введен параметр «выразительность» ордерной композиции.

Всего было оценено 10 изображений, из которых 8 – варианты искусственного освещения. Каждый респондент провел за несколько сеансов 70 сравнений, всего было проведено 4200 сравнений.

Для исследования зрительной тектоничности при естественном освещении сравнивались фотоизображения главного фасада здания Большого Театра во фронтальном ракурсе в солнечную и пасмурную погоду. Гипотеза предполагала, что при солнечном освещении ордерная архитектура выглядит более тектоничной, чем при диффузном. Гипотеза подтвердилась.

Для исследования ордерной тектонической системы при искусственном освещении были составлены два ряда: «Положительный контраст» и «Отрицательный контраст». Одной из важнейших особенностей ордерной системы являются конструктивная и визуальная неразрывность стойки и балки. Поэтому на визуализации обоих рядов стойка и балка зрительно связаны близкими средними яркостными показателями.

Каждый ряд содержит фасадные изображения освещенной колоннады дорического ордера (прототип - здание Биржи, г. Санкт-Петербург). Ряд «Положительный контраст» объединяет изображения, на которых стойка и балка выглядят светлым объектом на фоне задней темной стены, ряд «Отрицательный контраст» - изображения стойки и балки как более темные элементы относительно более светлой фоновой стены. Внутри каждого ряда изменяется яркостной контраст между первым (колоннада и антаблемент) и вторым (фоновая стена) планами.

Для ряда «Положительный контраст» взяты яркостные соотношения планов $(L1:L2) = 2,5:1; 5,5:1; 6,5:1$. Гипотеза предполагала, что с увеличением контраста между планами визуальная тектоничность ордерной системы выигрывает. Гипотеза не подтвердилась. Исследование выявило следующую закономерность: при увеличении контраста от 2,5:1 до 5,5:1 зрительная тектоничность ордера плавно возрастает, при последовательном увеличении контраста планов от 5,5 до 6,5 тектоничность резко падает. Эксперимент показал, что существует оптимальное соотношение яркостей 1-го и 2-го планов при схеме освещения, когда антаблемент и колоннада светлее фоновой стены, и определил его как 1:5,5.

Для ряда «Отрицательный контраст» приняты яркостные соотношения планов $(L1:L2)= 1:2; 1:3,5; 1:6,5; 1:9$. Предполагалось, что с увеличением контраста между планами тектоничность ордерной системы усиливается. Гипотеза не подтвердилась. Выявилась следующая закономерность: при увеличении контраста между планами от 1:2 до 1:3,5 зрительная тектоничность плавно возрастает, при увеличении контраста планов от 3,5 до 9 резко падает. Результат эксперимента: существует оптимальное соотношение яркостей 1-го и 2-го планов 1:3,5 при схеме освещения, когда антаблемент и колоннада темнее фоновой стены.

Важно заметить, что портик с яркостным контрастом планов 1:5,5 зрительно воспринимается точным негативом портика с контрастом 3,5:1. Проверка светлотных характеристик показала следующие соотношения коэффициентов отражения на графическом изображении: $\rho_o:\rho_f= 0,3:0,06$, т.е. 5:1 (положительный контраст) и $\rho_o:\rho_f=0,06:0,3$, т.е. 1:5 (отрицательный контраст). Значит, зрительно оба портика с проверяемыми значениями выглядят одинаково контрастными.

Обнаружено, также, что при увеличении контраста между планами при «положительном контрасте» иллюзия глубины пространства всегда увеличивается, при «отрицательном» увеличивается лишь до соотношения 1:4, а далее уменьшается.

При сравнении самых «сильных» изображений рядов «Положительный контраст» и «Отрицательный контраст» наиболее тектоничным признано изображение ряда «Отрицательный контраст» ($L1:L2=1:3,5$).

2.2.3 Тектоника арочно-сводчатых систем. Испытуемые работали с параметрами «устойчивость», «прочность», «легкость» – слагающими реальную и визуальную тектоничность арочно-сводчатой конструкции. Всего было оценено 11 изображений, из которых 9 – варианты искусственного освещения. Каждый респондент за несколько сеансов провел 84 сравнения, всего было проведено 5040 сравнений.

Для исследования восприятия архитектуры арочно-сводчатого типа при естественном освещении респондентам были предъявлены фотоизображения акведука Пон-дю-Гар при солнечном и пасмурном освещении. Гипотеза предполагала, что солнечное освещение зрительно лучше выявляет тектонику акведука. Однако, однозначно определить по фотографиям, при каком природном освещении зрительная тектоничность арочно-сводчатой конструкции раскрывается наиболее полно, пока не удалось.

Для исследования проблем искусственного освещения тектоники арочно-сводчатого типа сформировано три логических ряда: «Приоритет», «Арочная ячейка-тень», «Арочная ячейка-свет», каждый из которых отвечает своей задаче. Прототипом визуализированного объекта при различном освещении стал фрагмент фасада Колизея.

Ряд «Приоритет» призван выявить иерархию в освещении ключевых элементов архитектуры арочно-сводчатого типа. По данному ряду проверялась гипотеза: тектоничнее будет восприниматься изображение, где приоритет яркости отдан одному из ключевых элементов аркады - внешней фасадной поверхности или внутренней поверхности арочного свода. Гипотеза не нашла подтверждения. При освещении арочно-сводчатой архитектуры важно выделять оба элемента в определенном контрастном соотношении.

Ряды «Арочная ячейка-свет» и «Арочная ячейка-тень» направлены на исследование восприятия тектоники аркады при различном освещении арочного проема. В

ряду «Арочная ячейка-свет» не освещена фасадная плоскость стены, а арочная ячейка высвечена: а) равномерно; б) с нарастанием яркости к своду; в) с нарастанием яркости к основанию ячейки. По данному ряду проверялась гипотеза: изображения, где свет акцентирует своды арок, воспринимаются более тектоничными. Гипотеза подтвердилась. В ряду «Арочная ячейка-тьень» при тех же вариантах освещения ячейки добавляется равномерное освещение фасадной поверхности стены. Здесь проверяется гипотеза: изображения, где зона стыка свода и стены акцентируется контрастом (тьень акцентирует своды арок, а свет - стены арочной ячейки), воспринимаются наиболее тектоничными. Результат эксперимента опроверг гипотезу. Выявление арочного свода максимальной яркостью дает большее впечатление тектоничности, чем возможный контраст темного свода и ярко освещенной фасадной плоскости стены.

Завершающий эксперимент был направлен на поиск яркостных соотношений фасадной поверхности стены и арочного свода, при котором зрительная тектоника выражена наиболее ярко. Для этого был создан новый ряд, где на всех изображениях арочный свод был освещен градиентно, максимальная яркость принадлежала зоне свода, а яркость фасадной поверхности менялась. Наиболее тектоничный вариант был найден, соотношения средних яркостей фасадной поверхности и арочного свода $L_1:L_2=1:4$, соотношение минимальных и максимальных яркостей поверхностей арочного проема – $L_{осн}:L_{свод}=1:8$. Данное изображение нравится респондентам. На втором месте по степени тектоничности определено изображение ряда «Приоритет» со светлой фасадной стеной и темными арочными ячейками $L_1:L_2=2:1$.

2.3 Лабораторное светомоделирование на макетах по выявлению образных особенностей тектонических систем при искусственном освещении. Лабораторное светомоделирование проводилось для проверки и уточнения спорных результатов работы с графическим материалом. Место проведения: лаборатория кафедры «Архитектурная физика» МАРХИ. Группу респондентов из 10 человек составили архитекторы, ведущие практическую, научно-преподавательскую деятельность. Для каждого эксперимента было организовано отдельное рабочее место, где автор работал с респондентами в индивидуальном порядке.

2.3.1 Стеновая тектоническая система. Для стеновой системы уточнялась реакция респондентов по рядам «Направление света» и «Градиент яркости_{1,2}».

Объектом светомоделирования стал макет фрагмента стены Соловецкого монастыря (М 1:10). Было создано пять световых сцен, при которых объект освещался: а) равномерно, б) градиентно сверху вниз с $L_{max}:L_{min}=29:1$ и $L_{max}:L_{min}=6:1$, в) градиентно снизу вверх $L_{max}:L_{min}=6:1$ и $L_{max}:L_{min}=51:1$.

В результате эксперимента была выявлена тенденция восприятия стеновых объектов более тектоничными при направлении света сверху вниз при мягком яркостном градиенте $L_{завершения}:L_{основания}=6:1$, что подтверждает результаты исследований графических изображений.

2.3.2 Объемно-пространственная система (исследование восприятия глубины пространства). Целью проведения светомоделирования являлось исследовать восприятие глубины пространства при различной яркости разноудаленных элементов на макете из светодиодных RGB-модулей.

Для эксперимента были составлены две идентичные многоплановые полузамк-

нутые перспективные композиции. Исследовано четыре световых сценария: а) первый план (фасад модуля) яркий, задний план темный (яркость планов меняется плавно); б) первый план темный, задний план яркий; в) все планы равноярки; г) первый и второй планы контрастны, задний план среднеяркий. Сценарии данного типа предлагалось оценить (по техническим возможностям лабораторных условий) в зеленом и красном свете.

В результате эксперимента была выявлена следующая закономерность: более глубокими воспринимаются яркостные композиции, в которых первый план ярче дальнего ($L1:L2:L3:L4=11:3:2:1$). Если яркость снижается равномерно и логично, то ощущение глубины пространства увеличивается. Менее глубокими выглядят равнояркие композиции. Наименее глубокими кажутся композиции, в которых дальний план яркий, а первый – темный ($L1:L2:L3:L4=1:3:5:15$). Одинаковая закономерность прослеживается как при зеленом, так и при красном свете.

Результат светопрозрачного моделирования косвенно подтвердил результаты графического исследования ордерной (двухплановой) системы.

Основные результаты и выводы:

1. На восприятие архитектурных объектов *стеновой тектоники* при искусственном освещении решающее влияние оказывает соотношение максимальной и минимальной яркостей в зоне световых пятен в единой плоскости. Определены диапазоны яркостных соотношений с эффектом оптимального, недостаточного и чрезмерного контрастов для принципа тектонического освещения.

2. Восприятие архитектурных объектов *ордерной тектоники* решающее влияние оказывает яркостное соотношение первоплановых колоннады и антаблемента и второплановой фоновой стены. Определены диапазоны яркостных соотношений с эффектом оптимального, недостаточного и чрезмерного контрастов для принципа тектонического освещения.

3. В восприятии объектов *арочно-сводчатой тектоники* основную роль играют яркостные соотношения первоплановой наружной стены, арочного свода и второплановой фоновой стены (пейзажа, если арка сквозная). Определены яркостные диапазоны с эффектом оптимального, недостаточного и чрезмерного контрастов для принципа тектонического освещения.

4. Чрезмерный яркостной контраст может превратить тектоническое освещение в декоративное.

Третья глава – «Создание светового образа объектов исторической архитектуры» посвящена формулированию светодизайнерских принципов освещения объектов стеновой, ордерной, арочно-сводчатой систем в городской среде.

3.1 Принципы проектирования наружного освещения архитектурных объектов. Освещение архитектуры, имеющее целью выявление тектонических особенностей объекта, направлено не только на визуальную узнаваемость объекта, но и на максимально эффективную образную интерпретацию композиционного решения, на передачу изначального (дневного) эмоционального впечатления, которое в решающей степени предопределяется его архитектурной.

Экспериментальным путем было доказано, что каждый из исследуемых тектонических типов ждет индивидуальных решений по распределению и соотношению яркостей на разных элементах архитектурной композиции, т.е. нельзя приме-

нять одни и те же количественные критерии и светокомпозиционные приемы к различной по тектоническому строению архитектуре. Такой прием условно назван тектоническим освещением. Исследования показали, что именно *соотношения яркостей*, а не их количественные значения играют решающую роль при восприятии освещаемой архитектуры в темное время суток.

Для тектонического освещения объектов стеновой, ордерной, арочно-сводчатой систем были найдены светокомпозиционные приемы, переведенные на язык светотехнических величин в виде яркостных соотношений, условно названных «оптимальный контраст», «недостаточный контраст», «чрезмерный контраст». Оптимальный контраст – яркостные соотношения композиционно значимых элементов, при котором тектоническая индивидуальность объекта раскрывается наиболее полно и глубоко. Недостаточный и чрезмерный контрасты - соответственно такие соотношения яркостей, которые *еще* или *уже* не могут отразить образ здания во всей полноте, наделяя его восприятие специфическими чертами (декоративными, атектоническими). Найденный и рекомендуемый светокомпозиционный прием в рамках оптимального яркостного контраста служит созданию тектонического образа архитектурного объекта при искусственном освещении.

3.1.1 Применение принципа тектонического освещения для объектов стеновой системы. При создании убедительного образа объектов стеновой системы необходимо «отступиться» от дневного прототипа. Проведенные эксперименты показали, что зрительное восприятие тектоники стеновых объектов при дневном освещении значительно различается с их восприятием при имитации этого освещения в темное время суток. При разработке проекта тектонического освещения стены необходимо учитывать:

А. Светокомпозиционные особенности: 1) использование градиента яркости по вертикали с соотношением яркостей $L_{max}:L_{min}$ 3:1-6:1; 2) направление света сверху вниз (для многоярусных объектов нарастание средней яркости в пределах каждого яруса по вертикали); 3) соответствие «полюсных» точек яркости и стены; 4) плавный и однородный характер светотеневых границ; 5) соответствие масштаба светового пятна и масштаба освещаемого элемента.

Выявлено несколько предпочтительных вариантов тектонического освещения стены: 1) освещение ее неслепящими бра широкого светораспределения, когда световой центр бра расположен в верхней четверти стены, а расстояние между приборами составляет примерно 1,6 высоты стены; 2) освещение стены сверху вниз локальным или заливающим светом с малым градиентом яркости, когда максимальная яркость сосредоточена у завершения, а минимальная у основания стены.

Б. Яркостные соотношения: Для создания тектонического образа стены необходимо оперировать соотношением яркостей по вертикали и горизонтали, где:

a – отношение усредненной яркости в верхней зоне стены (световое пятно с максимальной яркостью) и в ее основании (с минимальной яркостью);

b – отношение усредненной яркости по оси светового пятна и по оси теневой зоны.

Соотношение a:b являются решающим в восприятии тектоничности объекта стеновой системы.

Рекомендуемые соотношения: при $b=1:1$ (когда плоскость стены по вертикали не имеет явных светотеневых границ) и $1:2 \leq a \leq 1:6$. При $1:2 \leq b \leq 1:3$. (когда плоскость стены по вертикали имеет выраженные световые пятна) и $1:2 \leq a \leq 1:5$. Эмо-

циональная оценка зрителя объектов с данными яркостными характеристиками высека – «8» из «10».

В зоне недостаточного или чрезмерного контраста объект зрительно теряет тектоничность. Недостаточным можно назвать контраст при $b=1:1$, $a>1:2$. Объект выглядит вялым, инертным. Такой вариант чаще всего воспроизводится фронтальным заливающим освещением с визуально неразличимым градиентом яркости. Эмоциональная оценка - «3» из «10». Чрезмерный контраст, как правило, обусловлен формированием новых световых картин, где $1:3 \leq b \leq 1$: бесконечность, $1:5 \leq a \leq 1$: бесконечность. Эмоциональная оценка зрителя сильно колеблется от минимальной «2» из «10» до очень высокой «9» из «10», в зависимости от изящности световой картины. Однако, большинство вариантов освещения объектов стеновой тектоники с чрезмерным контрастом находится в зоне «6» из «10».

3.1.2 Применение принципа тектонического освещения для объектов ордерной системы. При создании тектонического образа ордерной архитектуры средствами искусственного света также следует отойти от дневного прототипа. Эксперименты показали, что наиболее тектоничными выглядят варианты освещения, при которых стойка и балка, как и днем, зрительно связаны близкими по величине средними яркостями. Важно, чтобы яркость таких ключевых элементов, как колоннада, антаблемент, фронтон, заглубленная стена портика и т.д., реагировала на плановость, т.е. элементы одного плана должны иметь схожие яркостные показатели. Нарастание яркости элементов по мере их удаления способствует зрительному восприятию тектоники ордерной архитектуры. Принципиальные позиции тектонического освещения ордерной архитектуры можно обозначить следующими *светокомпозиционными особенностями*: 1) Близкие яркостные соотношения колоннады и антаблемента ($Lk:L_a \leq 1:1,8$); 2) Разница в яркостных соотношениях 1-го плана (колоннада + антаблемент) и 2 плана (фоновая стена); 3) Наличие яркостного градиента в вертикальной плоскости фоновой стены ($L_{осн}:L_{зав} = 1:3$ или $3:1$); 4) Более детальное и контрастное решение освещения ближнего плана по отношению к нюансно и обобщенно решенному дальнему.

Нередко портик или колоннада являются лишь частью объекта. Детализировка в освещении элементов первого плана и наличие определенных яркостных контрастов по отношению к дальним планам позволяют создать зрительную иерархию архитектурных элементов, выстраивая целостный, понятный, притягательный образ.

В результате исследования выявлен наиболее тектоничный вариант освещения ордерного портика со следующими характеристиками: 1) темные колоннада и антаблемент, более яркая фоновая стена (отрицательный контраст); 2) яркостные соотношения колоннады и антаблемента $Lk:L_a \leq 1:1,5$; 3) отношение яркостей элементов 1-го и 2-го планов $L1:L2=1:3,5$; 4) фоновая стена имеет градиент яркости по вертикали.

Соотношение яркостей $L1:L2=1:3,5$ оптимально для выявления тектоники ордера. Оно близко негативу яркостного контраста при солнечном освещении (по усредненной яркости освещенных и теневых мест). Соотношения $L1:L2 \leq 1:2$ выявлены как недостаточные. Объект теряет плановость, индивидуальность. Образ его не запоминается. Соотношения $L1:L2 \geq 1:8$ оцениваются как чрезмерные. Объект теряет индивидуальность, яркостной контраст «убивает» архитектурные особенности ордера, плановость элементов нивелируется. Образ легко запоминается, но су-

щественно отличается от дневного прототипа.

В целом при выборе варианта освещения предпочтительнее выделять колоннаду и антаблемент на контактуре. Композиция выглядит напряженнее, притягательнее, эффектнее. Эмоциональная оценка зрителя «8» из «10».

При положительном контрасте оптимальными для создания тектонического образа являются соотношения $L1:L2 = 5,5:1$. Яркостные соотношения $L1:L2 \leq 3:1$ выявлены как недостаточные, а $L1:L2 \geq 8:1$ - как чрезмерные. В обоих случаях объект теряет индивидуальность, глубинность, образ плохо запоминается.

3.1.3 Применение принципа тектонического освещения для объектов арочно-сводчатой системы. Зрительному выявлению тектоники объектов арочно-сводчатой архитектуры, как и ордерной, при искусственном освещении способствует яркостный контраст между планами. Для объектов этого типа очень важно силуэтные очертания арки и объекта. Они обязательно должны «читаться» на фоне стены, неба, пейзажа, в то время как для объектов ордерной или стеновой тектоники в некоторых случаях достаточно намек на него. Принципиальные позиции тектонического освещения арочно-сводчатой архитектуры можно характеризовать следующими *светокомпозиционными особенностями*: 1)разница в яркостях фасадных поверхностей (стен и свода) арочной ячейки и фона; 2)градиентное освещение стен арочной ячейки; 3)относительно равномерное освещение фасадной стены.

Исследованием выявлен наиболее тектоничный вариант освещения арочно-сводчатого сооружения со следующими характеристиками: 1)наружная стена средней яркости, более яркий свод, темный фон; яркостные соотношения стены, свода и фона $L_{cm}:L_{cv}:L_{\phi}=5:20:1$;м 2)яркостные соотношения стены и свода $L_{cm}:L_{cv}=1:4$; 3)наружная стена освещена равномерно; 4)Поверхность арочной ячейки имеет градиентное освещение стен с нарастанием яркости в вершине свода. Отношение яркости стены в основании ячейки к яркости в вершине свода $L_{осн}:L_{верш.}=1:8$.

Соотношение яркостей $L_{cm}:L_{cv}=1:4$ оптимально для выявления тектоники в схеме, где фасадная стена темнее свода (при еще более темном фоне).

3.2 Предложения по использованию результатов исследования в практике светодизайна. Сегодня наружное искусственное освещение регламентируется СП 52.13330.2011 (актуализированной редакцией СНиП 23-05-95*). Главным нормируемым показателем архитектурного освещения является средняя яркость фасада объекта в зависимости от его значимости, условий зрительной адаптации и приема освещения. Нормы устанавливают также соотношение максимальной и минимальной освещенности на фасаде при равномерном и неравномерном заливающим освещении, вне зависимости от стиля и архитектоники здания, сооружения.

В диссертации предложены следующие позиции по совершенствованию норм и методических рекомендаций по проектированию наружного освещения архитектурных объектов: 1) при нормировании яркостных характеристик исходить не из приема освещения, а из особенностей архитектуры объекта, определяемых главным образом его тектоникой; 2) освещать объекты исторической застройки, в первую очередь, памятники архитектуры и национального культурного наследия по принципу тектонического освещения. Для прочих объектов (по ситуации) можно использовать принцип декоративного освещения; 3) нормировать не только среднюю яркость фасадов, но и яркостные соотношения характерных элементов текто-

нической системы объекта, определяющие ту или иную ассоциативную близость его дневного и ночного зрительных образов; 4) Яркостные соотношения рассчитывать и оценивать по усредненным показателям минимальной и максимальной яркостей в пределах определенного фрагмента освещаемой поверхности.

Основные результаты и выводы:

1. Принцип тектонического освещения подразумевает поиск оптимальных яркостных соотношений и приемов освещения элементов, определяющих родство зрительно-световых дневного и ночного образов, что делает его оптимальным для освещения исторической архитектуры, образ которой закреплен в сознании культурной памятью.

2. Каждый из исследованных тектонических типов при реализации принципа родства световых образов ждет индивидуальных решений по распределению яркостей на характерных элементах архитектурной композиции.

3. Тектоника освещаемых архитектурных объектов *стенной системы* наилучшим образом воспринимается при: направлении искусственного света сверху вниз с градиентным убыванием яркости; плавном и однородном характере светотеневых границ; соответствии масштабов светового пятна и освещаемого элемента.

Определены диапазоны оптимальных соотношений при неравномерном (пятнистом) освещении стены с сохранением ее визуальной тектонической целостности.

4. Тектонику объектов *ордерной системы* помогают эффективно воспроизвести: близкие яркостные соотношения колоннады и антаблемента; определенная разница в яркостных соотношений элементов 1-го и 2-го планов; наличие яркостного градиента в вертикальной плоскости фоновой стены, контрастное светотеневое решение ближнего плана по отношению к обобщенно освещенному дальнему.

5. Тектонику объектов *арочно-сводчатой системы* зрительно достоверно формируют: определенные яркостные соотношения фасадной стены, свода и фона, равномерное освещение фасадной стены, градиентное освещение арочной ячейки с нарастанием яркости на своде в определенных диапазонах.

6. При нормировании яркостных характеристик искусственного освещения в нормативно-методических документах рекомендуется учитывать тектонический тип архитектурного объекта как объективной основы построения выразительного светового образа объекта.

В Заключении представлены основные результаты и выводы исследования:

1. Наружное искусственное освещение объектов трех исследованных тектонических систем – стеновой, ордерной и арочно-сводчатой, характерных для исторической архитектуры, целесообразно проектировать по принципу *родства их зрительных образов при дневном и искусственном свете*, сохраняющих не только схожесть видимой формы, но и близость впечатления, эмоциональной оценки архитектуры. Образное родство и выразительность решений, как правило, не достигается имитацией дневного освещения при буквальном переносе светокомпозиционных схем дня в среду ночи.

2. Для каждой тектонической системы рекомендуется использовать определенные схемы распределения яркостей на характерных элементах архитектурной композиции в диапазоне оптимальных яркостных соотношений, обеспечивающих родство дневного и ночного образов объекта. В подобном случае искусственное освещение можно условно назвать «тектоническим». Другим типом является «де-

коративно» освещение – когда распределение яркостей приводит к созданию зрительного образа, не имеющего природного архетипа. Исследованием выявлено, что *соотношения яркостей как объективных характеристик световой композиции*, а не их количественные значения, играют главную роль при восприятии и оценке архитектуры при искусственном освещении.

3. Принципы проектирования тектонического и декоративного освещения базируются на выборе определенного распределения яркостей и диапазона яркостных контрастов на элементах архитектурной формы. Для первого детально исследованного типа освещения установлено, что:

А) Тектоника фасадов *стеновой системы* убедительно воспринимается при: а) направлении света сверху вниз с определенным градиентным убыванием яркости; б) плавном и однородном характере светотеневых границ при неравномерном распределении освещенности в определенных диапазонах; в) соответствии масштабов светового пятна и освещаемого элемента.

Б) Тектонику фасадов *ордерной системы* помогают достоверно воспроизвести: а) близкие яркостные соотношения освещаемых колоннады и антаблемента $L_k:L_a \leq 1:2$; б) разница в яркостных соотношениях элементов 1-го (колоннада + антаблемент) и 2-го (фоновая стена) планов $L_1:L_2=1:3,5$ при отрицательном контрасте и $L_1:L_2=5,5:1$ при положительном; в) наличие определенного яркостного градиента в вертикальной плоскости фоновой стены; г) более детальное и контрастное светотеневое решение элементов ближнего плана по отношению к нюансно и обобщенно освещенному дальнему.

При отрицательном контрасте на фасадах с ордерным портиком или колоннадой соотношение средних яркостей элементов 1-го и 2-го планов, дающее впечатление максимальной глубины, – $1:4$, при соотношении более $1:4$ ощущение глубины теряется. При положительном контрасте соотношение яркостей, дающее впечатление максимальной глубины, – $7:1$, при дальнейшем увеличении контраста ощущение глубины усиливается незначительно и не имеет художественного смысла.

В) Тектоника фасадов *арочно-сводчатой системы* эффектно выявляется: а) определенными соотношениями усредненных яркостей наружной стены, более яркого свода и темного фона $\sim L_{cm}:L_{cv}:L_{\phi}=5:20:1$; б) яркостными соотношениями фасадной стены и свода $L_{cm}:L_{cv}=1:4$; в) равномерным освещением наружной стены при определенном градиентном освещении поверхностей арочной ячейки с нарастанием яркости на своде.

Декоративное освещение, не ставящее целью сохранение дневного образа объекта, создается регулярным или иррегулярным (живописным) распределением яркостей, менее жестко «привязанным» к элементам архитектурной формы.

4. Экспериментально установлено, что оптимальные яркостные контрасты для эффективного (правдоподобного) выявления характерных особенностей исследованных типов тектоники объектов лежат в диапазоне $1:3-1:5$, т.е. в рамках контраста, признанного в литературных источниках слабым. Контраст $1:6$, считающийся сегодня нормальным, является крайней границей сохранения образа объекта, родственного дневному.

5. При проектировании следует учитывать, что объекты *стеновой тектоники* при недостаточном или чрезмерном яркостном контрастах кажутся зрительно вялыми, инертными или декоративными, *ордерная архитектура* иллюзорно теряет глубину, устойчивость, прочность, *арочно-сводчатая* – визуальную устойчивость,

индивидуальность и выразительность. Определены диапазоны яркостных соотношений основных элементов архитектурной композиции с эффектом недостаточного или чрезмерного контрастов для трех тектонических систем.

6. Методика оценки наружного освещения архитектурных объектов на основе комплексных аналитических, натуральных и лабораторных экспериментально-статистических исследований с целью определения светокомпозиционных характеристик дает позитивные результаты, рекомендуемые к использованию в нормативно-методических документах и в проектной практике.

7. Тектоническое освещение импонирует зрителю. Декоративное освещение, не противоречащее логике распределения нагрузок на объекте конкретного тектонического типа, нравится зрителю, освещение, противоречащее этой логике, зрителю, как правило, не нравится, что следует учитывать на первых этапах поиска образного светодизайнерского решения.

В приложении дан иллюстративный материал.

Основные положения диссертации отражены в публикациях:

В рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК при Минобрнауки РФ:

1. Батова А.Г. Влияние света на выявление тектоники стены / Батова А.Г. // Международный электронный научно-образовательный журнал «Архитектура и современные информационные технологии» (АМИТ). – 2011. - №2 (15). – Режим доступа: <http://www.marhi.ru/AMIT/2011/2kvart11/batova/abstract.php>.

2. Батова А.Г. Днем и ночью образ тот же / Батова А.Г. // Международный электронный научно-образовательный журнал «Архитектура и современные информационные технологии» (АМИТ). – 2012. - №2 (19). – Режим доступа: <http://www.marhi.ru/AMIT/2012/2kvart12/batova/abstract.php>

3. Батова А.Г. Свет и тектоника ордерной архитектуры / Батова А.Г., Щепетков Н.И. // Светотехника. – 2012. - №5. - С.23-27.

В других изданиях:

4. Батова А.Г. Объект освещения: здание / Батова А.Г. // LUMdecor. - 2009. - Апрель. - С.102-104.

5. Батова А.Г. Возрождение световой архитектуры / Батова А.Г. // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ: тезисы докладов научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов 12-16 апреля 2010. В 2 т. Т.1. - М.: Архитектура-С, 2010. - С. 284-285.

6. Батова А.Г. История формирования ночного образа Бранденбургских ворот / Батова А.Г. // LUMdecor. - 2010. - Январь-февраль. - С.36-40.

7. Batova A. Light in Typical Architecture / A.Batova // Color and Light in Architecture / ed. Pietro Zennaro. – Verona, 2010. – P. 55-59.

8. Батова А.Г. Тектоника стены при естественном и искусственном освещении / Батова А.Г. // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ: тезисы докладов научно-практической конференции 11-15 апреля 2011. В 2 т. Т.2. - М.: Архитектура-С, 2011. - С.68-69.

9. Батова А.Г. Тектоника стены при искусственном освещении (результаты экспериментального исследования) / Батова А.Г., Щепетков Н.И. // Наука, образование и экспериментальное проектирование: материалы международной научно-практической конференции 11-15 апреля 2011г.: сборник статей. – М.: МАРХИ, 2011. - С. 61-69.

10. Батова А.Г. О концепции создания единой светочетливой среды г. Москвы / Батова А.Г. // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ: тезисы докладов научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. - М.: МАРХИ, 2012. - С. 220-221.

Подписано в печать 02.11.2012

Тираж 100 экз.

Отпечатано: Отдел оперативной полиграфии МАРХИ
107031 г. Москва, ул. Рождественка 11/4, корп. 1, стр. 4.