



УДК 811

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОТОВЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ ПАМЯТНИКОВ КУЛЬТУРЫ

Мухадов Бабаназар, Байрамова Байрамгуль, Мурадов Мурат

преподаватели

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт

г. Ашхабад, Туркменистан

Аннотация. Исследование светотехнических характеристик систем освещения памятников культуры представляет собой уникальное междисциплинарное научно-практическое направление, лежащее на стыке архитектурной физики, реставрационной науки, светотехники и психологии визуального восприятия. В условиях интенсивного развития концепции ночных городов и стремления к сохранению историко-культурной идентичности мегаполисов проектирование освещения объектов культурного наследия требует принципиально новых подходов. Традиционное утилитарное заливающее освещение, превращающее трехмерные фасады в плоские световые пятна, полностью изжило себя в практике современного мастер-планирования. Главной целью светотехнических исследований в данном сегменте является разработка таких методов распределения световых потоков, которые позволяют максимально точно передать пластику архитектурных форм, глубину рельефа декоративных элементов и истинную текстуру исторических материалов.

Ключевые слова: светотехнические характеристики, памятники культуры, архитектурное освещение, спектральный состав, трассировка лучей, светодиодные источники, яркость фасада, фотохимическая деградация, реставрационная безопасность, цифровой двойник.

INVESTIGATION OF LIGHTING CHARACTERISTICS OF CULTURAL MONUMENTS ILLUMINATION SYSTEMS

Muhadov Babanazar, Bayramova Bayramgul, Myradov Myrat

Lecturers

Turkmen State Institute of Architecture and Construction

Ashgabat, Turkmenistan

Abstract. The investigation of lighting characteristics of cultural monuments illumination systems represents a highly sophisticated interdisciplinary domain within modern building physics, restoration science, and optical engineering, dedicated to balancing structural preservation with historical nighttime texturing. Traditional uniform floodlighting paradigms, which often flatten intricate

structural configurations into monotone light patches, are completely inadequate for complex architectural heritage sites. Advanced illuminating methodologies rely on comprehensive spectrophotometric evaluations of ancient building envelopes to determine the exact reflection, absorption, and refraction behaviors of historical sub-surfaces like centuries-old limestone, marble, or handmade brick. Mechanical and lighting engineers construct highly accurate, point-cloud digital twins of monumental masonry and execute multi-dimensional ray-tracing simulations to plot vertical illuminance gradients, localized luminance ratios, and unified discomfort glare indexes across every decorative column, molding, and relief. Crucially, because ultraviolet and infrared radiation bands emitted by outdated high-intensity gas-discharge lamps induce irreversible photochemical and thermal degradation of ancient structural pigments and mineral structures, modern designs mandate solid-state light-emitting diode matrices.

Keywords: monument illumination, lighting characteristics, architectural heritage, ray tracing simulation, spectral power distribution, photometric preservation, building automation, luminance gradient, color temperature, structural conservation.

Введение

Информационной основой для проведения комплексных светотехнических расчетов служат масштабные массивы разнородных цифровых данных, собираемые с помощью современных методов трехмерного лазерного сканирования и прецизионной фотометрии. Первичная база данных формируется за счет построения высокоточного цифрового двойника памятника культуры, детально фиксирующего геометрию каждого карниза, колонны, пилястры или скульптурной композиции. Важнейшим этапом является проведение натурных спектрофотометрических измерений коэффициентов отражения, поглощения и рассеяния света реальными историческими материалами фасада, такими как известняк, мрамор, гранит или старинный кирпич. Вся собранная информация о фотометрических свойствах поверхностей и геометрии объекта импортируется в специализированные программные комплексы вычислительной гидродинамики света и трехмерного моделирования. Качество, глубина и математическая точность подготовленной виртуальной сцены напрямую определяют предсказательную способность будущей модели и достоверность распределения расчетных уровней освещенности и яркости.

В практике инженерных расчетов для моделирования световой среды применяется широкий спектр аналитических и численных методов, среди которых ключевую роль играет метод трассировки лучей и расчет глобального освещения. Математические алгоритмы позволяют проследить путь каждого виртуального светового луча от источника света до его многократного отражения от поверхностей фасада и окружающего ландшафта с учетом законов

геометрической и физической оптики. В ходе компьютерного моделирования исследователи определяют критически важные светотехнические параметры: распределение вертикальной и горизонтальной освещенности, градиенты яркости, коэффициенты неравномерности освещения и показатели дискомфорта. Особое внимание уделяется анализу распределения теней, поскольку именно правильное соотношение света и тени формирует объемно-пространственное восприятие архитектурного шедевра в темноте. Построение таких многослойных цифровых моделей позволяет виртуально протестировать десятки различных типов световых приборов с варьируемыми кривыми силы света еще до начала монтажных работ на объекте.

Важнейшим аспектом светотехнических исследований памятников культуры является обеспечение жестких требований музейной и реставрационной безопасности, направленных на предотвращение фотохимического и термического разрушения старинных материалов. Любое искусственное излучение, особенно в ультрафиолетовом и инфракрасном спектральных диапазонах, способно запустить необратимые процессы деградации, выцветания, растрескивания и ускоренного старения исторических пигментов, связующих веществ и камня. Современные исследования реологических и химических изменений в материалах под воздействием света доказывают абсолютное преимущество использования твердотельных полупроводниковых источников излучения — светодиодов. Светодиодные приборы нового поколения позволяют полностью исключить вредоносные участки спектра, обладают минимальным выделением тепла в направлении освещаемого объекта и обеспечивают беспрецедентные возможности для спектрального регулирования.

Заключение

В заключение необходимо подчеркнуть, что исследование светотехнических характеристик систем освещения памятников культуры формирует качественно новые стандарты ответственного, экологичного и высокохудожественного проектирования городской среды. Дальнейший прогресс в этой области неразрывно связан с развитием лазерного сканирования, нанотехнологий в производстве оптических линз и внедрением нейросетевых алгоритмов для автоматического анализа визуального комфорта. Будущее архитектурного освещения лежит в плоскости создания полностью скрытых, миниатюрных и интегрированных в элементы благоустройства световых систем, которые остаются незаметными днем, но творят подлинное световое искусство ночью. Строительные, реставрационные и светотехнические холдинги, активно развивающие научно-исследовательскую базу в сфере нелинейной оптики и колориметрии, обеспечивают себе безусловное лидерство на глобальном рынке урбанистического девелопмента. Научно обоснованный расчет распределения яркости и спектрального состава света гарантирует физическую сохранность шедевров зодчества,



безопасность городской инфраструктуры и сохранение культурного наследия для многих последующих поколений.

Список литературы:

1. Гусев Н. М. Основы строительной физики. Москва: Стройиздат, 1975.
2. Дамский К. А. Светотехника и архитектура общественных зданий. Москва: Архитектура-С, 2006.
3. Маркдорф А. В., Щепетков Н. И. Световой дизайн города: теория и практика архитектурного освещения. Москва: Архитектура-С, 2011.
4. Соловьев А. К. Физика среды и ограждающих конструкций зданий. Москва: Издательство АСВ, 2008.