

**РУКОВОДСТВО
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ВИТРИН ПРЕДПРИЯТИЙ
ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО РЫНКА УСЛУГ**



ПРЕДИСЛОВИЕ

1. РАЗРАБОТАНО Московским научно-исследовательским институтом типологии, экспериментального проектирования (инж. Добровольский А.Н., инж. Лапшин А.Ю.), Научно-производственным объединением «Юнисвет-99» (канд. технических наук Петров В.И., инж. Евстегнеев В.В., инж. Машкин М.В., инж. Котова Е.Ю.), Департаментом потребительского рынка и услуг г. Москвы (Артемова Ж.И.).

2. ПОДГОТОВЛЕНО к утверждению и изданию Управлением перспективного проектирования, нормативов и координации проектно-изыскательских работ Москомархитектуры.

3. Согласовано Департаментом потребительского рынка и услуг г. Москвы

4. Утверждено и введено в действие указанием Москомархитектуры от 12.08.2003 г. № 31.

СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Введение
- 2. Классификация витрин и способы их оформления
- 3. Требования к осветительным установкам витрин
 - 3.1. Общие положения
 - 3.2. Приемы, способы и системы освещения витрин
 - 3.3. Осветительные приборы
 - 3.4. Источники света
 - 3.5. Системы управления
 - 3.6. Эксплуатация и фотометрический контроль
- 4. Методы расчета искусственного освещения витрин
- Приложение 1. Список используемой литературы
- Приложение 2. Технические решения осветительных установок витрин
- Приложение 3. Осветительные приборы для освещения витрин

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Настоящее Руководство разработано в дополнение к действующим техническим нормативам по вопросам искусственного освещения и распространяется на проектирование осветительных установок (ОУ) предприятий потребительского рынка и услуг (ППРУ) и в соответствии с распорядительными документами Правительства и Мэрии г. Москвы.

1.2. Настоящее Руководство разработано в помощь проектировщикам-архитекторам, дизайнерам, художникам и инженерам в целях формирования высокого архитектурно-художественного стиля оформления витрин, улучшения рекламного процесса и развития визуальной информации в г. Москве.

1.3. В Руководстве изложены классификация витрин и способы их оформления, требования к ОУ витрин и основные принципы их освещения. Рассмотрены вопросы эксплуатации и фотометрического контроля систем освещения, требования к освещению витрин, методы расчета освещенности и технические решения ОУ витрин.

Руководство не рассматривает вопросы проектирования экспозиционного освещения витрин в музеях и выставках.

1.4. В настоящем Руководстве приняты следующие сокращения:

ППРУ - предприятие потребительского рынка и услуг;

ОУ - осветительная установка;

ОП - осветительный прибор;
ГЛН - галогенная лампа накаливания;
ГЛН НН - галогенная лампа накаливания низкого напряжения;
ЛЛ - люминесцентная лампа;
КЛЛ - компактная люминесцентная лампа;
МГЛ - металлогалогенная лампа;
НЛВД - натриевая лампа высокого давления.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВИТРИН И СПОСОБЫ ИХ ОФОРМЛЕНИЯ

2.1. Выбор способа освещения витрины во многом определяется ее типом, конструктивными особенностями, характеру экспозиции товаров, декоративными элементами, материалами и отделкой, а также всей композицией в целом.

Витрины классифицируются по конструкции, товарному признаку и техническим средствам оформления.

2.2. В зависимости от конструкции витринной коробки и ее соотношения с интерьером ППРОУ витрины можно разделить на три основных типа:

1. Сквозные витрины зданий современной архитектуры, полностью сливающиеся с интерьером. Витринная коробка как таковая в них отсутствует, и интерьер частично или полностью просматривается с улицы (приложение 2, рис. 19, 25). Нередко сквозные витрины не содержат экспозиции и предназначены для демонстрации интерьера магазина, что в наибольшей степени характерно для предприятий общественного питания и магазинов, реализующих крупногабаритные товары - мебель, автомобили и т.п. Иногда при помощи легких стенок и подвесных планшетов внутреннее остекление частично перекрывается и создается небольшая экспозиция (приложение 2, рис. 16, 20, 30, 38, 40, 46).

2. Ленточные витрины, также открывающие интерьер для свободного обзора с улицы. Такие витрины отделены от торгового зала или салона стеклянной стенкой, простенками, несколько приподнятым уровнем пола и предназначены для товарной выставки и информации предлагаемых к реализации товаров и услуг (приложение 2, рис. 18, 24, 31).

3. Витрины-ниши, наиболее характерные для зданий старой архитектуры. В таких витринах товары экспонируются на непрозрачном фоне и интерьер магазина не просматривается (приложение 2, рис. 29, 41).

4. Отдельно стоящие витрины.

В витринах современной конструкции со сплошным остеклением товарная экспозиция может быть двусторонней, т.е. рассчитанной на две точки обозрения - с улицы и из торгового зала, что создает дополнительные требования к устройству систем освещения.

2.3. По товарному признаку витрины делятся на:

1. Комбинированные, рекламирующие изделия нескольких товарных групп, связанных общностью спроса или потребления.

2. Специализированные, демонстрирующие товары одной товарной группы.

3. Узкоспециализированные, рекламирующие часть изделий товарной группы.

2.4. По характеру оформления витрины бывают:

1. Товарные, основу которых составляет товар без использования декоративных элементов (приложение 2, рис. 29, 39).

2. Товарно-декоративные, где наряду с товаром применяются декоративные элементы, подчеркивающие наиболее характерные особенности и свойства товаров (приложение 2, рис. 16, 32).

3. Сюжетные, оформленные с использованием какой-либо жанровой сцены (приложение 2, рис. 40).

4. Тематические, выполненные на определенную тему: к праздникам, юбилеям, торжественным событиям.

2.5. Наибольшая эмоциональная выразительность витрины обеспечивается в случаях, когда система освещения соответствует следующим принципам композиционного построения экспозиции:

1. Соблюдения равновесия (баланса) или симметрии, при котором предметы, сходные между собой по объему или внешнему виду, располагают в строгом соответствии по обе стороны воображаемой средней линии. При асимметричной композиции центр ее смещается и одна сторона витрины может быть заполнена больше, но в целом композиция уравновешена (приложение 2, рис. 17, 39, 45). Если витринное пространство незначительно, выкладка производится по фронту, создавая какой-то силуэт из товаров, текстов, изображений в одной плоскости.

2. Обеспечения впечатления устойчивости, достигаемое расширением основания экспозиции товара (например, пирамида), а также расположением крупных предметов в нижней части витрины в наибольшей удаленности от зрителя (приложение 2, рис. 34 - 36, 42).

3. Соблюдения ритма, представляющего собой повторение очертаний отдельных предметов или групп товаров, а также повторение расстояний между этими предметами и группами (приложение 2, рис. 21, 23). Благодаря такому размещению достигается впечатление принадлежности отдельных предметов единому композиционному плану оформления. Взгляд покупателя не переходит с одного товара на другой, а охватывает всю витрину, которая воспринимается комплексно и едино.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОСВЕТИТЕЛЬНЫМ УСТАНОВКАМ ВИТРИН

3.1. Общие положения

3.1.1. Витрины ППРО должны предусматривать обязательное применение ОУ искусственного освещения.

3.1.2. ОУ искусственного освещения витрин ППРО должны обеспечивать полноценный осмотр информационного содержания витрины при соблюдении нормативных светотехнических требований, способствовать правильному архитектурно-художественному восприятию выставленных товаров и элементов оформления (цвет, форма, фактура и тон) и гармонизировать с фасадом здания.

3.1.3. При проектировании, монтаже и эксплуатации витринного освещения следует руководствоваться действующими нормативными документами (СанПиН, СНиП, МГСН, ПУЭ, ГОСТ), а также положениями настоящего Руководства.

3.1.4. Состав проектной документации по разделу освещения витрин должен включать пояснительную записку, основной фасад или панораму в цвете в темное время суток, номенклатуру осветительных приборов (ОП) и источников света, их установленную мощность и характеристики в соответствии с действующими нормативами.

3.1.5. Основные светотехнические и технико-экономические показатели ОУ витрин должны входить в состав Паспорта архитектурно-художественного освещения зданий и сооружений.

3.1.6. Световое и цветовое решение витрины должно соответствовать архитектурному стилю улиц, площадей, зданий и сооружений. Особое внимание следует уделять витринам ППРО, расположенным в зданиях, являющихся историческими и архитектурными памятниками.

3.1.7. Уровни освещенности в вертикальной плоскости должны выбираться в соответствии с п. 7.79 и таблицей 15 МГСН 2.06-99.

3.1.8. Рекомендуемые уровни освещенности в зоне выкладки товаров в витринах принимаются по таблице 1.

Таблица 1

Категория улиц и дорог и виды площадей	Средняя освещенность, лк, при характеристике товара по тону*
--	--

	светлый тон (фарфор, белье, косметика)	средний тон (продукты, книги)	темный тон (ткани, меха)
Магистральные улицы и площади общегородского значения: центральные, главные, вокзальные, транспортные, предместные и многофункциональных транспортных узлов	500**	750**	1000**
Магистральные улицы окружного и районного значения, площади перед крупными общественными зданиями и сооружениями (стадионами, театрами, выставками, торговыми центрами, колхозными рынками и другими местами массового посещения)	400**	500**	750**
Улицы и дороги местного значения, пешеходные улицы, площади перед общественными зданиями и сооружениями местного значения	300	400	500
* - В витринах со смешанными товарами уровни освещенности принимаются как для товара средних тонов. ** В витринах крупнейших магазинов уровни освещенности могут быть увеличены на 2 ступени по п. 3.1.6 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03			

3.1.9. При проектировании ОУ витрин необходимо предусматривать специальные режимы работы освещения в праздничные и предпраздничные дни, а также учитывать фактор сезонности, связанный со сменой времени суток и времени года.

3.1.10. Проектирование ОУ витрин необходимо осуществлять с учетом требований экономного расхода электроэнергии, оптимальных затрат на электротехнические средства, эксплуатацию и управление освещением. Снижение расхода электроэнергии осуществляется путем выбора энергоэффективных источников света, специальных витринных светильников с набором экранов и отражателей, позволяющих гибко перераспределять световой поток, использованием систем управления ОУ и оптимальным решением приемов освещения.

3.1.11. При проектировании освещения витрин ППРУ, близко прилегающих к проезжей части необходимо учитывать, что значительная разница с яркостью проезжей части приводит к нежелательной зрительной переадаптации водителей с большей яркости на меньшую и затрудняет правильное восприятие ситуации на дороге.

3.1.12. Электропитание ОУ витрины должно осуществляться от внутренней сети освещения здания самостоятельными линиями.

3.2 Приемы, способы и системы освещения витрин

3.2.1. При выборе приемов, способов и систем освещения в процессе разработки проектной документации рекомендуется решить следующие задачи:

- обеспечить выбор необходимых уровней освещенности с учетом особенностей зрительной работы, в зависимости от размеров товара и декоративных элементов, фона, контраста между объектами и фоном и др.;
- обеспечить неравномерность, контрастность и направленность освещения, способствующих наилучшему восприятию экспозиции и светомоделированию их формы;
- определить оптимальный спектр и динамику освещения, обеспечивающих рекомендуемую цветопередачу (таблица 16 МГСН 2.06-99) и эмоциональную атмосферу, цветовое соотношение экспонатов и фона витрин;
- обеспечить сочетание освещения витрины с освещением всего магазина, а также с его световым окружением по фасаду;
- выбрать расположение ОП, обеспечивающих комфортное распределение яркостей и цвета в пространстве;
- устранить или ограничить ослепленность и дискомфорт, возникающие при попадании в глаза прямых или отраженных лучей источников света.

3.2.2. В витринах, как правило, следует применять систему комбинированного освещения: общее + акцентирующее (направленное) освещение, позволяющее усилить яркостные акценты и привлекающее воздействие товаров и декоративных элементов оформления.

3.2.3. При освещении витрин должны учитываться размеры витринного пространства, облицовка или окраска ее стен и пола, а также расположение товаров на экспозиционной площадке, их цвет, размеры, форма и т.п. Учитывается общая освещенность торгового зала, архитектурное освещение фасада здания, улицы, на которой расположено ППРУ.

3.2.4. Отдельно расположенные экспонаты предпочтительнее освещать по-разному, в соответствии с их особенностями. При этом необходимо сохранить общий характер освещения, прежде всего равномерность освещенности, воспринимаемую с дальнего расстояния, так как витрины ППРУ производят наиболее благоприятное впечатление за счет единства и целостности световой картины на общем световом фоне города.

3.2.5. Наиболее ярким предметом в витрине должен быть экспонат или группа экспонатов, что осуществляется правильным распределением яркости между экспонатами, фоном и вспомогательными устройствами и защитой от ослепления. При этом желательно, чтобы яркость фона была ниже яркости освещенных предметов не менее чем в 3 раза, фон не был блестящим, т.е. не обладал бы зеркальным отражением. Кроме того, желательно создавать цветовое различие между фоном и экспонируемыми предметами.

3.2.6. Световые потоки, создаваемые ОП, свето- и цветодинамическими устройствами не должны создавать дискомфортных условий наблюдения и ухудшения видимости у пешеходов и водителей автотранспорта. Для создания нормальных условий хорошей видимости, независимо от освещенности и характера применяемых источников света, последние должны быть скрыты за непрозрачной частью витрины или непрозрачными элементами светильников, чтобы в поле зрения оставались только экспонируемые предметы.

3.2.7. Для ограничения слепящего действия светильники должны размещаться в передней части витрины, а источники света должны быть защищены экранами или рассеивателями так, чтобы защитный угол составлял не менее 30° для источников света, установленных на высоте менее 3 м, и 45° - на высоте более 3 м.

3.2.8. Допускается проектировать без ОУ искусственного освещения сквозные витрины в случаях отсутствия экспозиции, а также когда витрина служит для просмотра интерьера ПОРУ или его переднего плана. В этом случае особое значение придается освещению просматриваемой части магазина. Освещенность видимой части интерьера должна быть повышена, а соотношения яркости и цвета экспонируемых предметов с фоном интерьера должны подбираться для каждого случая индивидуально.

3.3 Осветительные приборы

3.3.1 ОП и элементы их крепления (шинопроводы, направляющие, опорные штанги и т.п.) являются элементами предметно-пространственной среды витрины, поэтому они должны гармонично соответствовать общему композиционному решению экспозиционного пространства.

3.3.2 В ОУ витрин следует использовать ОП промышленного и индивидуального изготовления, отвечающие требованиям электро- и пожаробезопасности и имеющие сертификаты соответствия.

3.3.3 Общее освещение витрин следует выполнять осветительными устройствами и светильниками направленного света, размещенными в верхней зоне витрин (приложение 2, рис. 27, 28, 30, 33).

3.3.4 Акцентирующее освещение экспонатов следует осуществлять ОП концентрированного и среднего светораспределения, имеющими конструктивную возможность перемещения вокруг оси, в вертикальном, горизонтальном направлениях и устанавливаемыми на потолочных или подвесных шинопроводах (приложение 2, рис. 22, 40, 44, 47), на потолке (приложение 2, рис. 30, 41, 43), полу (приложение 2, рис. 26) и стенах витрины у наружного остекления либо на импостах витрины (приложение 2, рис. 30, 35, 36, 37, 46). При необходимости можно дополнительно подсвечивать фон витрины с помощью светильников, установленных на полу у задней стенки витрины.

3.3.5 Для повышения акцентирования рекомендуется использование световых приборов проекторного типа, оснащенных линзовой оптикой с переменным фокусным расстоянием и ирисовыми диафрагмами, позволяющими изменять угловую ширину светового пучка и обеспечивать резкую границу и малые размеры светового пятна на освещаемом объекте (приложение 3, рис. 88).

3.3.6 Для ограничения слепящего действия источников света целесообразно использовать светильники, оснащенные цветными фильтрами, диафрагмами, решетками разной формы и т.д. (приложение 3, рис. 89).

3.3.7 Для создания свето- и цветодинамических эффектов допускается использование в ОУ витрин специальной осветительной и электротехнической аппаратуры. Запрещается использование свето- и цветодинамических устройств, имеющих сходство с техническими средствами организации дорожного движения и специальными сигналами.

3.4 Источники света

3.4.1 Освещение витрин следует выполнять светильниками, оснащенными:

- лампами накаливания;
- зеркальными лампами накаливания (приложение 3, рис. 48 - 64);
- галогенными лампами накаливания (приложение 3, рис. 65 - 67);
- галогенными лампами накаливания низкого напряжения (приложение 3, рис. 68 - 89);
- трубчатыми люминесцентными лампами;
- компактными люминесцентными лампами (приложение 3, рис. 90);
- металлогалогенными лампами (приложение 3, рис. 91 - 93);
- натриевыми лампами высокого давления (приложение 3, рис. 91 - 93);
- сверхяркими светодиодами.

3.4.2 При выборе источников света необходимо учитывать специфические закономерности цветового восприятия, так как качество воспроизведения цвета, зависящее от спектрального состава излучения источников света, определяется их цветопередачей. Выбор источников света для обеспечения правильной цветопередачи должен осуществляться в зависимости от вида экспонируемого товара в соответствии с таблицей 16 МГСН 2.06-99.

3.4.3 При необходимости снижения нагрева экспонатов следует применять зеркальные ГЛН НН со стеклянными интерференционными отражателями, селективно пропускающие инфракрасное излучение.

3.4.4 При использовании МГЛ, необходимо обращать внимание на ограничение УФ-излучения, которое приводит к выцветанию тканей, кожаных и ряда других изделий. Для ограничения выцветания следует применять светофильтры, поглощающие УФ-составляющую в спектре источников света.

3.4.5 При использовании ЛЛ для исключения пульсации светового потока, увеличения срока службы ламп, улучшения режима зажигания и экономии электроэнергии целесообразно применение электронных пускорегулирующих аппаратов.

3.5 Системы управления

3.5.1 Управление ОУ витрин может быть осуществлено:

- ручным способом непосредственно или дистанционно;
- автоматически датчиковыми устройствами, реагирующими на присутствие и движение человека;
- автоматическими программными устройствами с заданными временными режимами;
- автоматическими следящими системами, управляющими искусственным освещением в зависимости от уровня естественной освещенности.

3.5.2 При проектировании освещения витрин целесообразно предусматривать как ручное, так и автоматическое управление. При автоматическом управлении обязательно должна предусматриваться возможность перехода на ручное управление.

3.5.3 Программное включение, выключение и управление ОУ реализуется по заданному временному графику и осуществляется с помощью программных контролеров и таймеров.

3.5.4 Автоматическое включение, выключение и управление ОУ, осуществляемое в зависимости от изменения естественной освещенности, выполняется с помощью фотореле и фотоавтоматики с выносными датчиками освещенности. Выносные датчики освещенности для фотоавтоматического управления устанавливаются в местах контроля

освещенности. Датчики могут располагаться в витринах перед остеклением, а также вне помещений на наружных стенах зданий. Датчики должны быть защищены от случайной засветки, а установленные снаружи и от атмосферных осадков.

3.5.5 При проектировании ОУ витрин с использованием систем управления необходимо предусматривать два основных режима работы ОУ - вечерний и ночной и один дополнительный - праздничный. При вечернем режиме ОУ должна быть задействована на полную мощность, при ночном - на меньшую, с возможным отключением части ОП.

3.5.6 Включение и выключение ОУ витрин должно осуществляться с началом сумерек до 2 часов ночи с корректировкой режима освещения по времени года.

3.5.7 Аппараты управления освещением и щитки, с которых производится управление освещением, должны размещаться в местах доступных и удобных для обслуживания.

3.6 Эксплуатация и фотометрический контроль

3.6.1 Эксплуатация ОУ витрин должна обеспечивать светотехнические, конструктивно-технические и архитектурно-художественные параметры, соответствующие проектному решению.

3.6.2 Эксплуатация ОУ включает в себя следующие основные мероприятия:

- своевременную чистку и замену ламп и светильников;
- своевременное устранение повреждений электрооборудования;
- сохранение первоначальной настройки световых приборов в течении срока эксплуатации (за исключением случаев смены экспозиции);
- чистку остекления окон витрин;
- периодический контроль нормативных светотехнических и технико-экономических показателей ОУ;
- реконструкцию и модернизацию старых ОУ, не обеспечивающих нормативные показатели освещения, с целью внедрения новых технологий, повышающих эстетические свойства витрины и способствующие снижению энергозатрат.

3.6.3 При приемке ОУ в эксплуатацию, после изменения расположения и настройки ОП, в связи с изменениями экспозиции, а также в целях периодического контроля соответствия фактических светотехнических параметров ОУ нормативным требованиям, необходимо проведение фотометрических измерений.

3.6.4 Фотометрические измерения должны выполняться в соответствии с утвержденным ГОСТ 24940-96 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности».

3.6.5 Фотометрические измерения необходимо выполнять люксметрами, имеющими свидетельства о метрологической аттестации и поверке. Аттестация люксметров должна проводиться в соответствии с ГОСТ 8.326-89, поверка - в соответствии с ГОСТ 8.014-72 и ГОСТ 8.023-90.

3.6.6 Перед проведением измерений освещенности от искусственного освещения при приемке ОУ в эксплуатацию необходимо провести замену всех перегоревших ламп и чистку светильников. Измерение для выявления фактического состояния освещения производится без предварительной подготовки ОУ, что фиксируется при оформлении результатов измерения.

3.6.7 Измерения освещенности проводятся в темное время суток, когда отношение естественной освещенности к искусственной составляет не более 0,1.

3.6.8 Перед началом и в конце измерений проводятся замеры напряжения на щитке сети электропитания освещения витрины. Для измерения напряжения сети следует применять вольтметры класса точности не ниже 1,5 по ГОСТ 8711-93.

3.6.9 Контрольные точки для измерения освещенности размещают в точках нормирования, а также в местах выкладки товаров, под светильниками и между светильниками.

3.6.10 Средняя освещенность определяется как среднеарифметическое значение измеренных освещенностей, минимальная освещенность - минимальное значение освещенности из последовательности измеренных значений.

3.6.11 Результаты фотометрических измерений фиксируются в протоколе по форме Приложения Б ГОСТ 24940-96.

3.6.12 На основании результатов измерений составляется заключение о соответствии фактических количественных и качественных показателей ОУ витрины нормативным требованиям и, при необходимости, разрабатываются рекомендации по устранению выявленных недостатков и повышению светотехнических, конструктивных, эксплуатационных и экономических параметров системы освещения.

4. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ВИТРИН

Одним из этапов проектирования осветительных установок (ОУ) любого функционального назначения является светотехнический расчет, позволяющий выбрать наиболее оптимальное решение системы освещения для удовлетворения светотехнических, эстетических, технико-экономических и эксплуатационных требований, к которым, в первую очередь, относятся обеспечение нормируемых количественных и качественных показателей освещения и реализация архитектурно-художественного замысла. Под системой освещения витрины подразумевается номенклатура осветительных приборов и источников света (типы, количество, мощности), их размещение, а также цветосветовое решение экспозиционного пространства витрины. Светотехнические расчеты являются комплексным этапом проектирования, в процессе выполнения которого могут решаться две задачи: прямая и обратная. В прямой задаче по заданному уровню освещенности и параметрам, установленным на предварительных стадиях проектирования, определяется мощность ОУ, в обратной - по заданному размещению светильников и известной мощности источников света определяются освещенности на расчетной плоскости¹, рабочих поверхностях, а также распределение яркости в поле зрения, т.е. проводится проверка предварительного решения на соответствие заданным условиям. В случае, если это решение не удовлетворяет требованиям, проводится корректировка проекта. Для практики проектирования экспозиционного освещения, при котором художественно-эстетические аспекты являются приоритетными, наиболее характерно решение обратной задачи.

¹ Плоскость, на которой нормируется освещенность.

Предварительная стадия для проведения расчетов предусматривает подготовку исходных данных и включает следующие основные этапы:

1. Установление количественных и качественных светотехнических характеристик, регламентированных нормативными документами (СНиП, МГСН, отраслевые нормы и др.).

2. Анализ габаритно-планировочных параметров витрины и объектов освещения с выявлением расположения рабочих поверхностей и точек.

3. Анализ светотехнических характеристик ограждающих поверхностей, определение коэффициентов отражения светоотражающих элементов с оценкой их роли в перераспределении светового потока.

4. Оценка влияния светопрозрачных или других мало отражающих свет поверхностей с целью определения потерь светового потока при перераспределении светового потока.

5. Выявление направленно отражающих поверхностей для соблюдения мер ограничения отраженной блескости и определение объектов, оказывающих затеняющее действие на освещаемые поверхности.

6. Определение дополнительных требований, в т.ч. к спектральным характеристикам источников света, цветосветовым и декоративным эффектам, динамичности освещения и др.

7. Установление категории среды в зоне размещения осветительных приборов, определение допустимых для применения в данной установке светильников в соответствии с их классификационными характеристиками. Определение коэффициента запаса, учитывающего снижение параметров ламп и светильников в процессе эксплуатации ОУ. Значения коэффициента запаса приведены в таблице 3 СНиП 23-05-95.

8. Выбор типов источников света, светильников, точки их размещения и направления осевых сил света.

9. Выбор метода расчета.

Таким образом, расчетам предшествует этап подготовки исходных данных, заканчивающийся выбором метода расчета, главным критерием которого является получение светотехнических решений с максимальной точностью при наименьших трудовых затратах. Точность полученных результатов зависят от множества различных факторов, в т.ч. не зависящих непосредственно от метода расчета. Отклонения значений освещенности, полученных в результате расчетов, от нормируемых считаются допустимыми в пределах от +20 до -10 %. При больших отклонениях рекомендуется переходить на другой вариант ОУ.

Решение как прямой, так и обратной задач требует в общем случае как расчета распределения световых потоков, непосредственно падающих от светильников на расчетную плоскость, так и расчета многократных отражений этих потоков между поверхностями, ограничивающими освещаемое помещение.

Суммарная освещенность E в заданной точке расчетной плоскости может в общем виде рассматриваться как состоящая из двух слагаемых:

$$E = E_{\text{пр}} + E_0 \quad (1)$$

где $E_{\text{пр}}$ - освещенность, создаваемая прямым потоком осветительных приборов (прямая составляющая освещенности);

E_0 - освещенность, создаваемая потоком многократно отраженным от ограждающих поверхностей (отраженная составляющая освещенности).

Для расчета экспозиционного освещения с использованием акцентирующего света наиболее приемлемо применение точечных методов расчета ОУ, в которых главными исходными параметрами являются сила света излучателя или его элемента в направлении расчетной точки, положение его относительно этой точки и ориентация плоскости, в которой определяется освещенность. Точечные методы расчета основаны на учете прямой составляющей освещенности, где отраженная составляющая очень невелика, что соответствует специфике конструкции витрины, когда одна или все стены представляют собой прозрачное стекло, отражающими свойствами которого можно пренебречь. Кроме того, точечные методы позволяют определять значения освещенности в характерных точках на горизонтально (E_h), вертикально (E_v) или наклонно ($E_{\text{нк}}$) расположенных поверхностях. Расчет освещенности в точке горизонтальной, вертикальной или наклонной плоскости точечным методом связан с определением светового потока, падающего от источника света любой формы на элементарную площадку, содержащую расчетную точку.

Применимость конкретного метода во многом обусловлена размерами светящегося объекта - источника света или светильника и расстояния от него до освещаемой поверхности. Все многообразие форм излучателей, используемых в ОУ витрин, по процессу формирования освещенности в точке можно разделить на точечные, от каждого из которых в расчетную точку может упасть только один луч, и линейные, когда в точку может сходить множество лучей, образующих телесный угол, приближающийся в пределе к 2π .

К первой группе относят излучатели, к которым применим при заданной точности расчетов закон квадратов расстояний. Такие излучатели носят условное название точечных. Реальная форма таких излучателей может представлять собой излучающий объем или поверхность, либо конечных размеров отрезок линии или полосы. При

допустимой погрешности расчета, равной 5 %, за точечный источник следует принимать излучающий круг с диаметром в 2 - 2,5 раза меньшим, чем расстояние до него, и линию, длина которой менее 0,6 расстояния до расчетной плоскости. Как правило, это условие соблюдается в случаях освещения лампами накаливания и не удовлетворяется при использовании в установках люминесцентных ламп.

При произвольном расположении освещаемой поверхности по отношению к лучу света общее расчетное уравнение точечного метода для расчета освещенности E имеет следующий вид (рис. 1):

$$E = I_{\alpha} \cdot \cos \alpha / r^2 \quad (2)$$

где I_{α} - сила света светильника по направлению к расчетной точке, кд;

α - угол падения луча в расчетную точку;

r - расстояние от светильника до расчетной точки, м.

При условии, что поверхность освещается не одним, а несколькими светильниками, общая освещенность в расчетной точке определяется с учетом вклада каждого излучателя, характеризуемого силой света и направлением, и сводится к сумме освещенностей, создаваемых отдельными светильниками:

$$E = E_1 + E_2 + \dots + E_n \quad (3)$$

Светотехнические параметры для проведения расчетов от точечных источников излучения задаются в виде кривых силы света, представляющих собой зависимость силы света от меридиональных (α) и экваториальных (β) углов. С точки зрения светораспределения точечные источники делятся на две группы с круглосимметричным светораспределением, кривая силы света которых одинакова при любых углах β , и несимметричным.

В случае круглосимметричных источников света для расчетов в вариантах с различным взаимным расположением поверхности с расчетной точкой и излучателя, используются формулы, представленные на рис. 1 - 6.

При расчетах по этим формулам параметры h и θ являются исходными данными, d , c и b обмеряются по плану предварительного проекта, а углы α и γ могут быть найдены по рисунку или рассчитаны. Значения I_{α} принимаются по характеристике светораспределения светильника из технической документации или каталога производителя.

В случае точечного некруглосимметричного излучателя освещенность в расчетной точке также определяется законом квадратов расстояний. Такой излучатель характеризуется зависимостью силы света $I_{\alpha\beta}$ от углов α и β . Расчетная точка определяется координатами h , x , y или угловыми значениями γ , β , α , причем

$$\cos \alpha = \cos \gamma \cdot \cos \beta \quad (4)$$

Для расчетов ОУ, отличающихся взаимным расположением поверхности с расчетной точкой и светильника используются формулы, представленные на рис. 7 - 10. Расчет установок в этом случае производится аналогично процедуре, приведенной выше. Сила света $I_{\alpha\beta}$ определяется из характеристик светораспределения светильника по значениям двух углов - α и β .

Ко второй группе излучателей относятся излучатели, расчеты для которых проводятся как от линейных излучателей. К их числу относятся светильники с люминесцентными лампами, размещенные в непрерывную линию или в линию с разрывами. Исходными данными для расчетов являются кривые силы света в продольной и поперечной плоскостях.

В силу того, что длина светильников с люминесцентными лампами, соизмерима с габаритами витрины, и при размещении их в ряд с малыми расстояниями между смежными светильниками, а иногда и сплошным рядом, уравнение закона квадрата расстояния применимо лишь для небольших участков ряда. Разбивая ряд на такие участки и суммируя освещенности от каждого участка ряда, можно получить расчетные уравнения точечного метода для непрерывной светящей линии.

$$E_r = (I_\alpha \cdot \cos^3 \alpha) / h^2$$

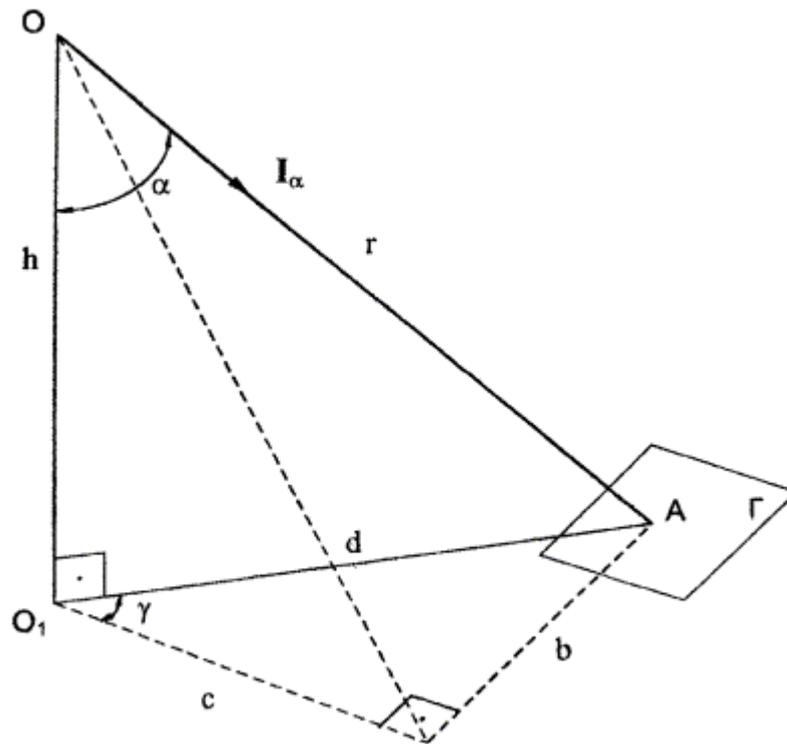


Рис. 1 Формула и схема для расчета горизонтальной освещенности в точке А, создаваемой точечным круглосимметричным излучателем.

$$E_{B1} = (I_\alpha \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha) / h^2$$

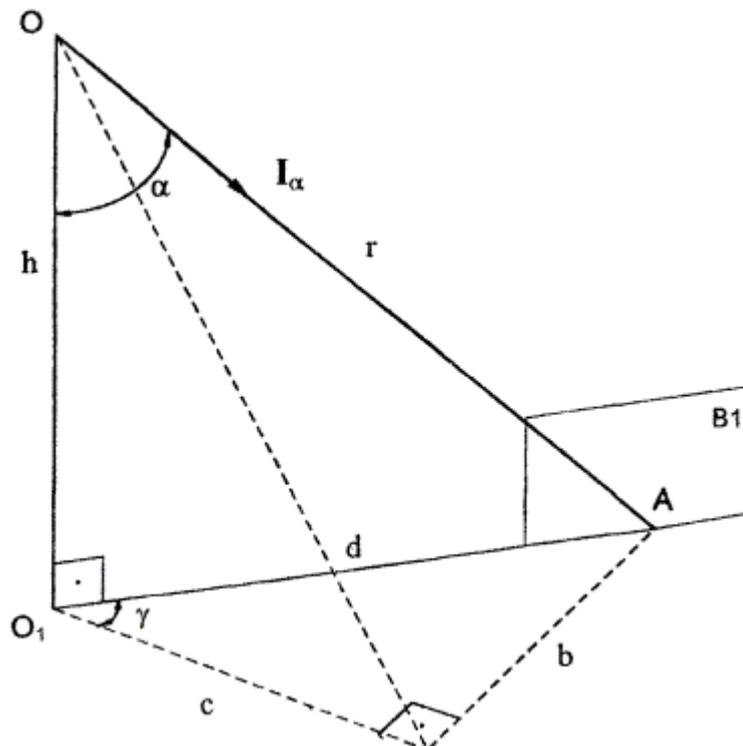


Рис. 2 Формула и схема для расчета вертикальной освещенности в точке А, создаваемой точечным круглосимметричным излучателем (вариант 1 расположения расчетной плоскости).

$$E_{B2} = (I_\alpha \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha \cdot \sin \gamma) / h^2$$

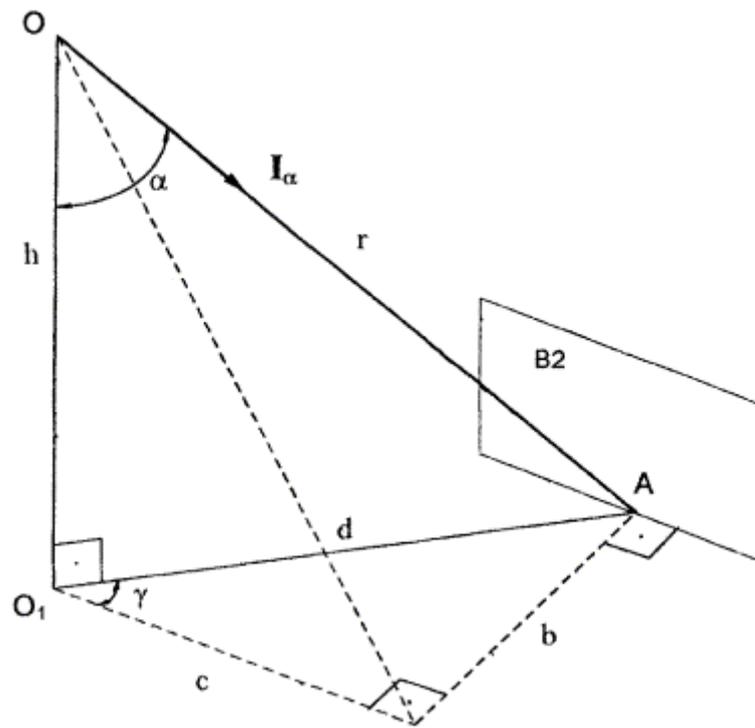


Рис. 3 Формула и схема для расчета вертикальной освещенности в точке А, создаваемой точечным круглосимметричным излучателем (вариант 2 расположения расчетной плоскости).

$$E_{в3} = (I_{\alpha} \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha \cdot \cos \gamma) / h^2$$

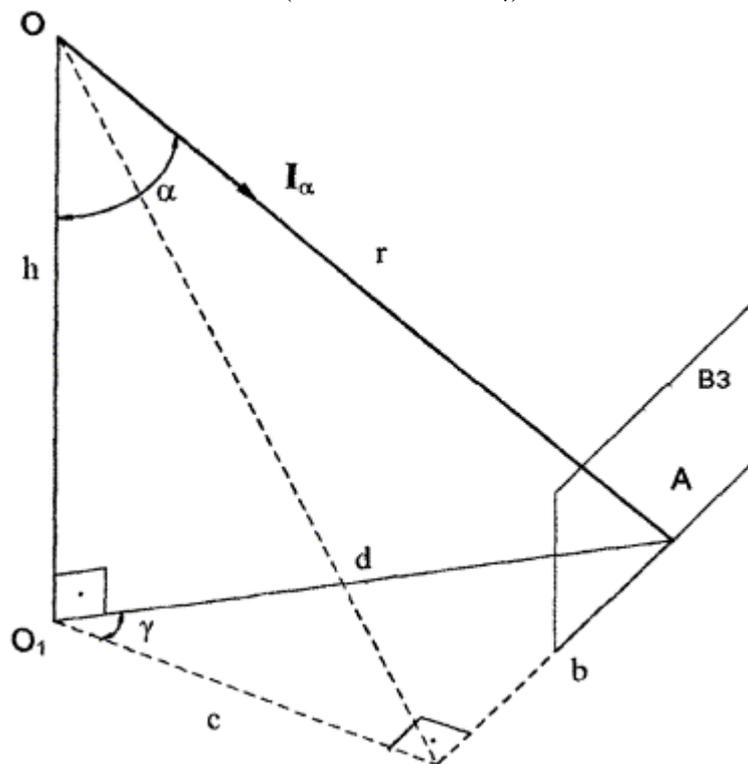


Рис. 4 Формула и схема для расчета вертикальной освещенности в точке А, создаваемой точечным круглосимметричным излучателем (вариант 3 расположения расчетной плоскости).

$$E_{н1} = (I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha) / h^2 \times (\cos \theta + (d \cdot \sin \theta) / h)$$

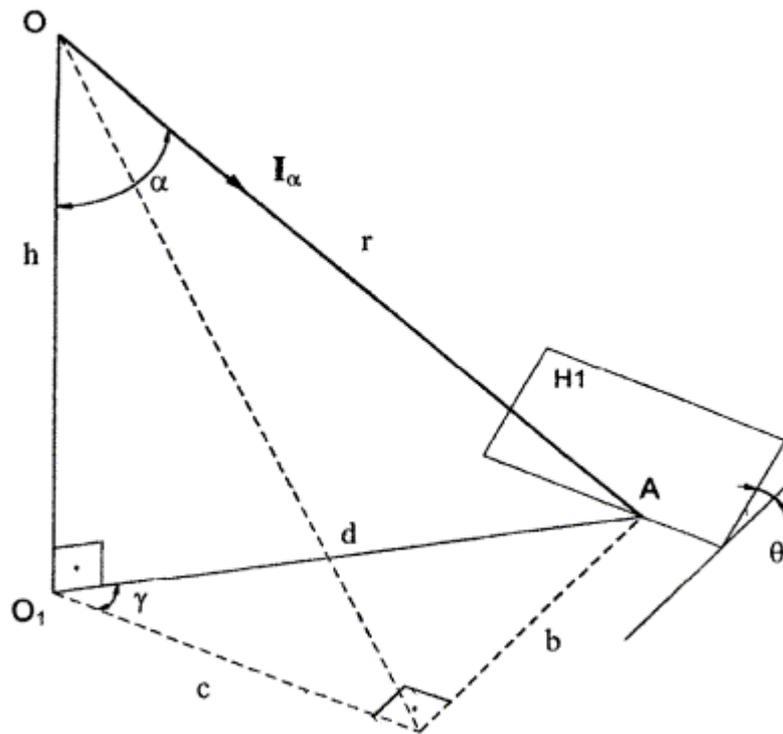


Рис. 5 Формула и схема для расчета освещенности в точке А на наклонной плоскости, создаваемой точечным круглосимметричным излучателем (вариант 1 расположения расчетной плоскости).

$$E_{H2} = (I_\alpha \cdot \cos^3 \alpha) / h^2 \times (\cos \theta - (d \cdot \sin \theta) / h)$$

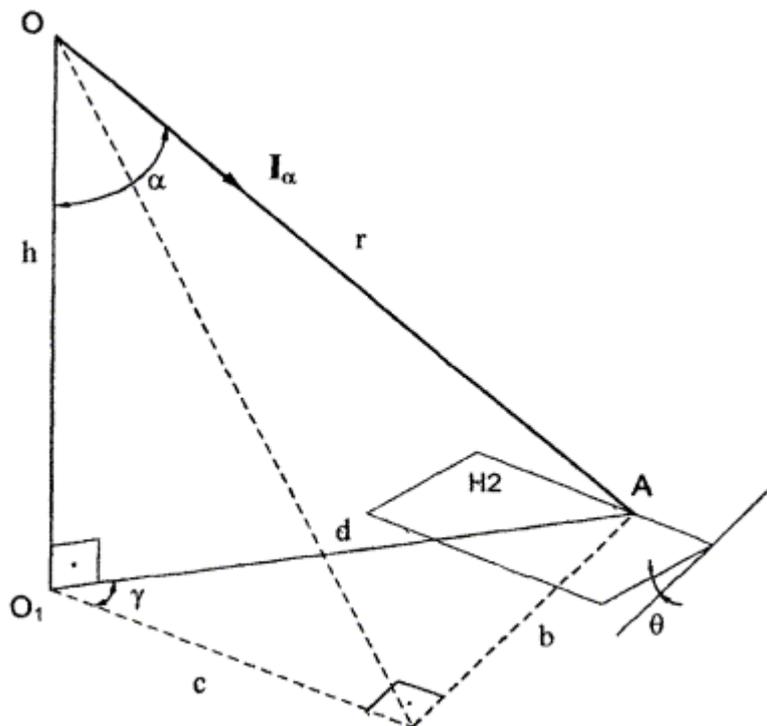


Рис. 6 Формула и схема для расчета освещенности в точке А на наклонной плоскости, создаваемой точечным круглосимметричным излучателем (вариант 2 расположения расчетной плоскости).

$$E_r = (I_\alpha \beta \cdot \cos^3 \beta \cdot \cos^3 \gamma) / h^2$$

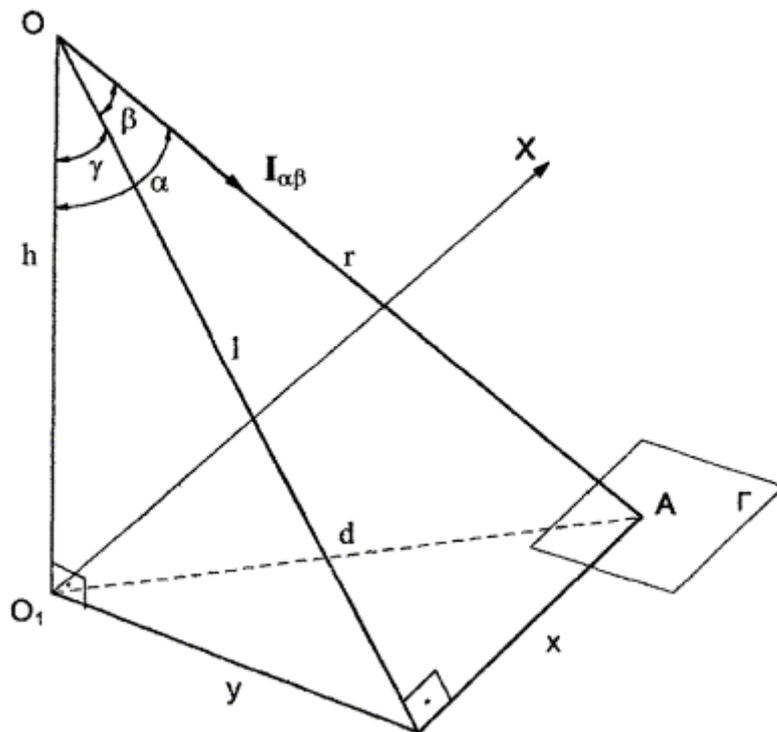


Рис. 7 Формула и схема для расчета горизонтальной освещенности в точке А, создаваемой точечным некруглосимметричным излучателем.

$$E_{B1} = (I_{\alpha\beta} \cdot \cos^2 \beta \cdot \cos^2 \gamma \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \beta \cdot \cos^2 \gamma}) / h^2$$

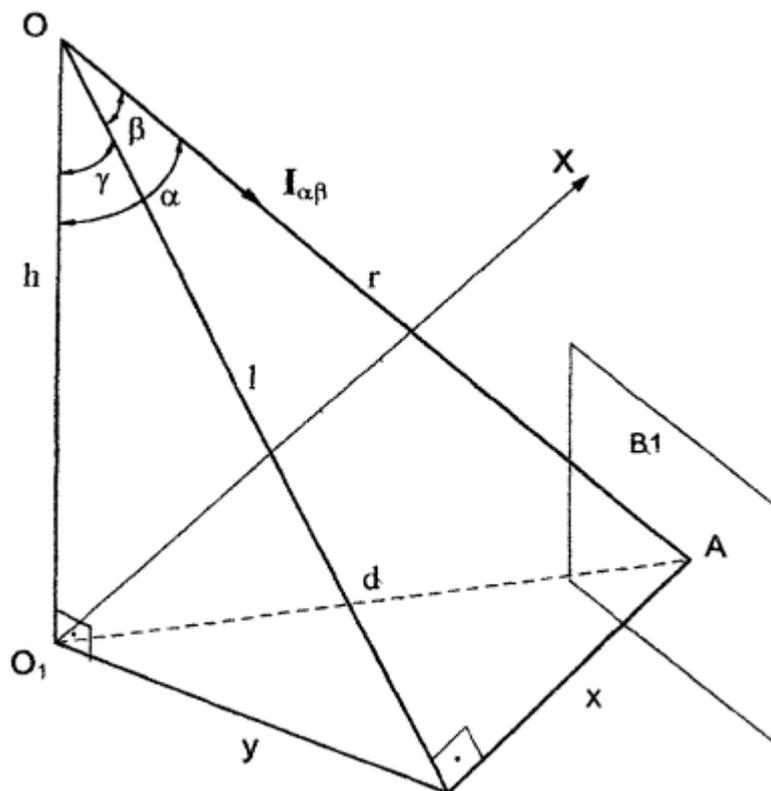


Рис. 8 Формула и схема для расчета вертикальной освещенности в точке А, создаваемой точечным некруглосимметричным излучателем (вариант 1 расположения расчетной плоскости).

$$E_{B2} = (I_{\alpha\beta} \cdot \cos^2 \beta \cdot \cos^2 \gamma \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \beta \cdot \cos^2 \gamma}) \cos \lambda / h^2$$

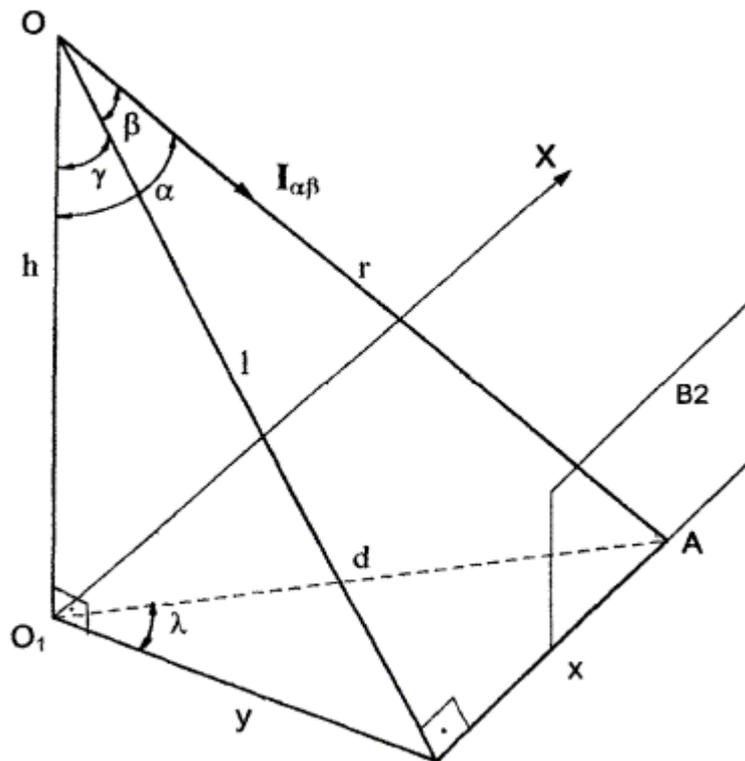


Рис. 9 Формула и схема для расчета вертикальной освещенности в точке А, создаваемой точечным некруглосимметричным излучателем (вариант 2 расположения расчетной плоскости).

$$E_{B2} = (I_{\alpha\beta} \cdot \cos^2 \beta \cdot \cos^2 \gamma \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \beta \cdot \cos^2 \gamma}) \sin \lambda / h^2$$

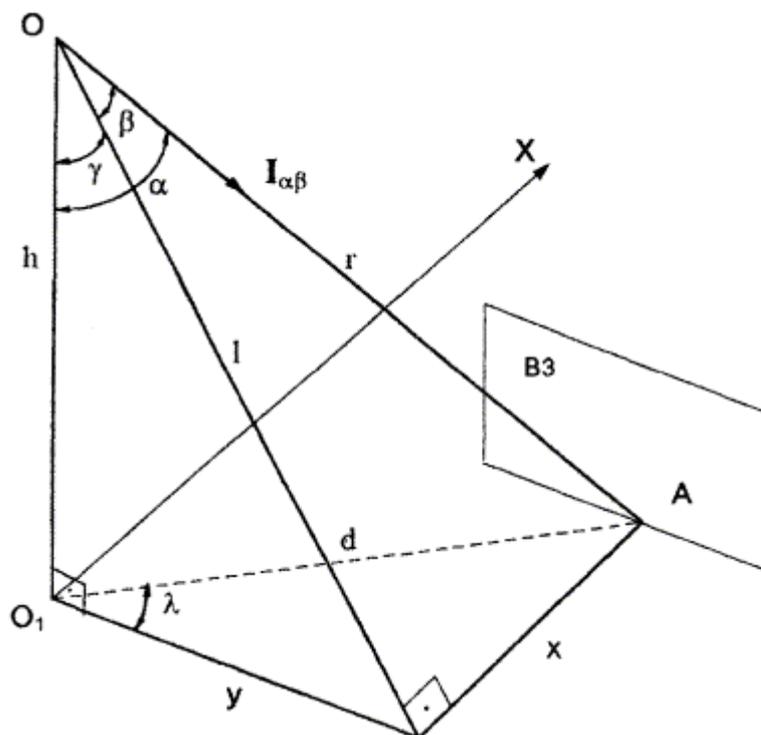


Рис. 10 Формула и схема для расчета вертикальной освещенности в точке А, создаваемой точечным некруглосимметричным излучателем (вариант 3 расположения расчетной плоскости).

При этом каждый элемент описывается своими кривыми силы света в продольной и поперечной плоскостях.

Расчеты с излучателями, образующими светящие линии, основаны на представлении распределения силы света каждым элементарным участком линии. В общем случае длина этих участков l и расстояние от них до расчетной точки r должны быть связаны соотношением $r \geq 5l$. Светораспределение элементарных участков линий может быть круглосимметричным, несимметричным и отличаться характеристикой по длине линии. При этом светораспределение элементарных участков линии приравнивается к кривой силы света того типа светильника, из которых сформирована линия. Поскольку в создаваемой в расчетной точке освещенности участвуют лучи от всей линии, сходящиеся в этой точке, освещенность в ней определяется интегрированием по всей длине светящей линии.

Схемы и формулы для расчета освещенности, создаваемой светящими линиями в точке A , лежащей в плоскости, перпендикулярной оси линии и проходящей через ее начало, приведены на рис. 11 - 13. Значение показателя степени $m = 1$ характерно для светильников с открытым выходным отверстием или с выходным отверстием, перекрытым рассеивателями с объемным рассеянием. Показатели степени $m = 2$ и $m = 3$ для светильников, перекрытых решетчатыми затенителями с защитными углами 30° и 45° соответственно.

Расчет освещенности для точки, произвольно расположенной относительно концов линии (рис. 14), производится как сумма освещенностей от двух линий, разделенных плоскостью, проходящей через точку расчета перпендикулярно оси линии.

При расположении светильников в линию с разрывами, как это показано на рис. 15, расчет проводится как от линейного излучателя при условии $(1 + \lambda)/h \leq 0,7$.

В этом случае сила света линии I_γ определяется

$$I_\gamma = I_\gamma \cdot l / (1 + \lambda) \quad (5)$$

где I_γ - сила света светильника по направлению к расчетной точке, кд;

l - длина светильника, м;

λ - длина разрыва между светильниками, м.

В других случаях рекомендуется вести расчеты отдельно для каждого сплошного участка.

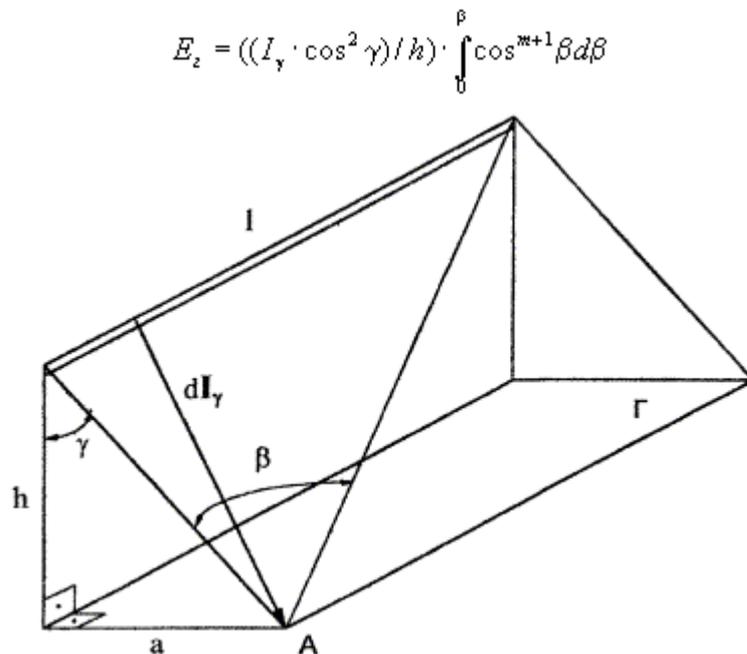


Рис. 11 Формула и схема для расчета горизонтальной освещенности в точке A , создаваемой светящей линией.

$$E_{z1} = ((I_\gamma \cdot \cos \gamma \cdot \sin \gamma) / h) \cdot \int_0^\beta \cos^{m+1} \beta d\beta$$

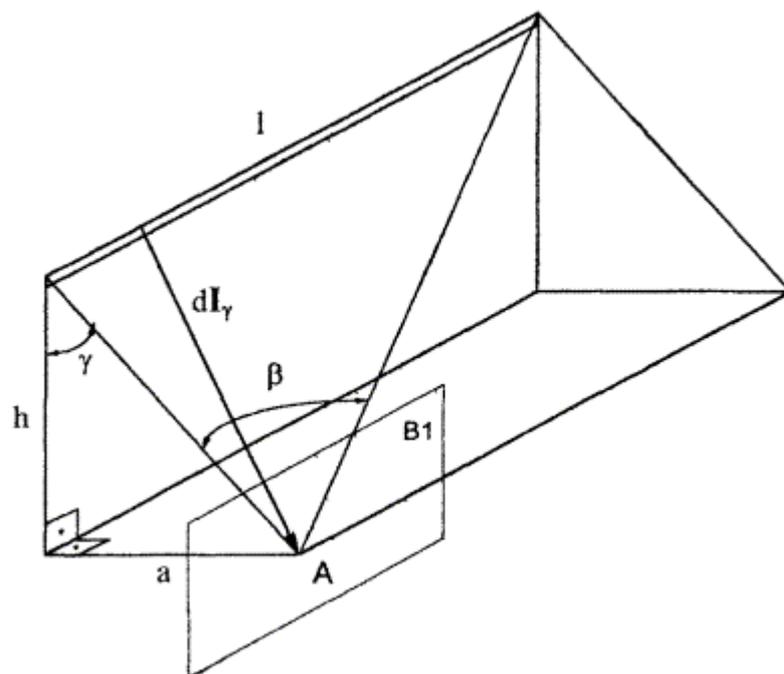


Рис. 12 Формула и схема для расчета вертикальной освещенности в точке А, создаваемой светящей линией (вариант 1 расположения расчетной плоскости).

$$E_{B2} = ((I_{\gamma} \cdot \cos^2 \gamma) / h) \cdot \int_0^{\beta} \cos^m \beta \sin \beta d\beta$$

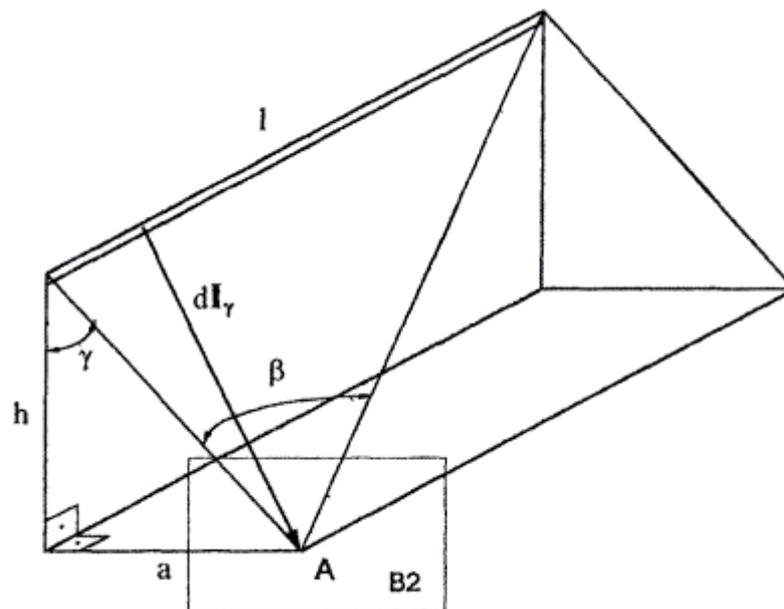


Рис. 13 Формула и схема для расчета вертикальной освещенности в точке А, создаваемой светящей линией (вариант 2 расположения расчетной плоскости).

$$E_{вс} = E_{во} + E_{ос}$$

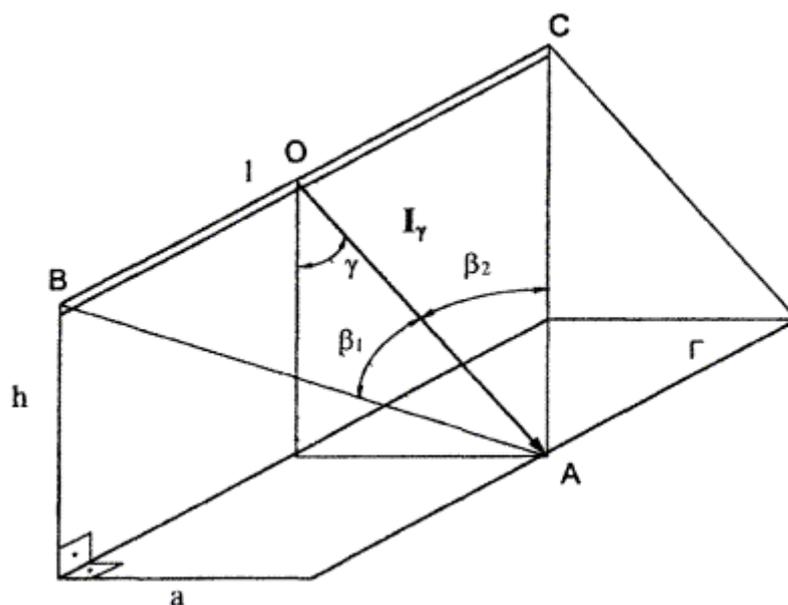


Рис. 14 Схема для расчета горизонтальной освещенности в произвольно расположенной точке А.

$$I_{\gamma} = I_{\gamma} l / (l + \lambda)$$

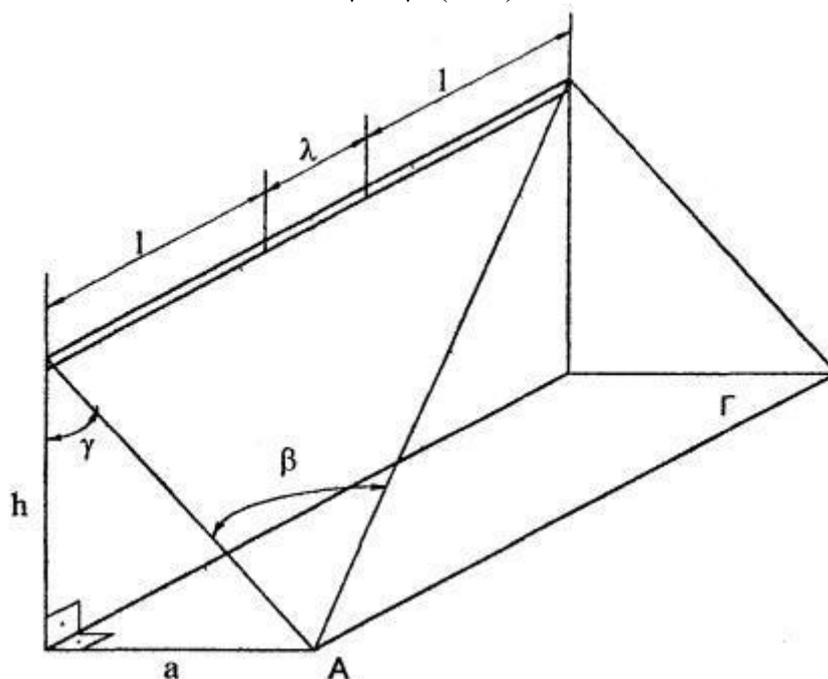


Рис. 15 Схема для расчета освещенности от светящей линии с разрывами.

Приложение 1 СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дамский А.И. Электрический свет в архитектуре города. - М.: Изд-во литературы по строительству, 1970.
2. Г. ван ден Бельд. Архитектурное освещение города 24 часа в сутки // Светотехника. 1998. № 1. С. 12 - 13.
3. ГОСТ 24940-96. Здания и сооружения. Методы измерения освещенности.
4. ГОСТ 8.014-72. Методы и средства поверки фотоэлектрических люкметров.

5. ГОСТ 8.023-90. Государственная поверочная схема для средств измерений световых величин непрерывного и импульсного излучения.
6. ГОСТ 8.326-89. Метрологическая аттестация средств измерений.
7. ГОСТ 8711-93. Приборы аналоговые, показывающие электроизмерительные прямого действия и вспомогательные части к ним. Часть 2. Особые требования к амперметрам и вольтметрам.
8. Каталог «MAZDA GUIDE. Lighting Fittings».
9. Кнорринг Г.М. Светотехнические расчеты в установках искусственного освещения. - Л.: Энергия, 1973.
10. Кравец Г.Б., Корягин О.Г. Наружное освещение Москвы и перспективы его развития // Светотехника. 1997. № 1. С. 17 - 20.
11. Лебедкова С.М., Матвеев А.Б., Петров В.И. Инженерные методы расчета светотехнических параметров осветительных установок. - М.: МЭИ, 1984.
12. Люксметр «Кварц-21» // Светотехника. 1991. № 9.
13. Матвеев А.Б. Эстетика освещения // Светотехника. 1995. № 4 - 5. С. 2 - 4.
14. МГСН 2.06-99. Естественное, искусственное и совмещенное освещение.
15. Мешков В.В. Осветительные установки. - М-Л.: Государственное энергетическое издательство, 1947.
16. Мешков В.В., Епанешников М.М. Осветительные установки. - М.: Энергия, 1972.
17. Оболенский Н.В., Яремчук Ю.Р. Концепция проектирования архитектурного освещения интерьеров торговых зданий // Светотехника. 1991. № 5. С. 1 - 5.
18. Рекомендации по проектированию освещения витрин магазинов. - М.: МНИИТЭП, 1974.
19. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».
20. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
21. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Айзенберга Ю.Б. - М.: Энергоатомиздат, 1995.
22. Тихоновский В.Г. Торговая реклама и основы декорирования. - М.: Высшая школа, 1987.
23. Требования и рекомендации по художественно-световому оформлению витрин предприятий потребительского рынка и услуг. - М.: Автономная некоммерческая организация «Эксперт торговли», 1999.
24. Щепетков Н.И. Концептуальные предложения по освещению Москвы // Светотехника. 1991. № 8. С. 16 - 19.
25. Щепетков Н.И. О концепции архитектурного освещения Москвы // Светотехника. 1994. № 9. С. 2 - 5.
26. Щепетков Н.И. Экология и эстетика световой среды города // Светотехника. 1993. № 5 - 6. С. 43 - 46.







