

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по курсу

«Строительная физика»

Для ознакомления.

Распечатывать нет необходимости

Новополоцк 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №2.1.....	
Лабораторная работа №2.2.....	
Лабораторная работа №2.3.....	
Лабораторная работа №2.4.....	
Лабораторная работа №2.5.....	
Лабораторная работа №2.6.....	
Лабораторная работа №3.1.....	
Список рекомендуемой литературы.....	

Лабораторная работа 2.1.

ИЗМЕРЕНИЕ СВЕТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Цель работы:

Изучить энергетические и световые величины, получить практические навыки работы на люксметре марки Ю-116, произвести проверку закона освещенности фотоэлектрическим методом.

Данная работа является базовой по светотехнике. Результаты эксперимента используются в лабораторных работах № 2.2.; 2.3; 2.4 и последующем практикуме.

Нормативные ссылки:

- В данной работе использованы ссылки на следующие нормативные документы:
- МСН 2.04 – 05 – 95 Естественное и искусственное освещение
- ГОСТ 17616 – 82 Лампы электрические. Методы измерения электрических и световых параметров
- ГОСТ 24940 – 96 Здания и сооружения. Методы измерения освещенности.
- БНБ 2.04.05 – 98 Естественное и искусственное освещение.

Оборудование: фотометрическая скамья ФС-М, предназначенная для выполнения световых измерений в исследовательских лабораториях; мерная линейка с ценой деления 1 мм; каретка со стандартным электрическим патроном; лампа накаливания ЛН мощностью 40 Вт с прозрачной колбой; люксметр марки Ю-116 со стационарно закрепленным фотодатчиком, параболический рефлектор.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

Энергия, передаваемая путем излучения, называется лучистой энергией. Примером естественного источника лучистой энергии является Солнце, нагревающее и освещающее землю своим мощным излучением, а также разнообразные искусственные источники света.

Излучение характеризуется спектральным составом и мощностью.

Спектральный состав определяется длиной волны излучения (λ , м). Длины волн лучистого потока колеблются в широких пределах: от нанометров (10^{-9} м) до сотен километров. Только незначительная область излучений вызывает ощущение света и цвета и лежит в пределах от ≈ 400 до ≈ 800 нм. Указанный участок спектра носит название видимой области.

Мощность лучистого потока в видимой области называют световым потоком.

Световой поток (Φ) – это мощность излучения видимой области, которое, попадая на сетчатку глаза, вызывает у человека ощущение света и цвета; измеряется в люменах (лм).

Так как применяемые на практике источники света распределяют световой поток в пространстве неравномерно, для оценки светового действия источника в каком-либо направлении вводится понятие силы света и яркости источника.

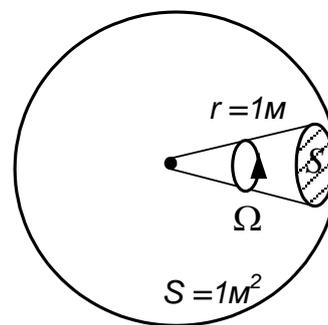
Силой света (I) источника в некотором направлении называют угловую плотность светового потока излучения в данном направлении, которая измеряется в канделах (кд). Сила света характеризуется не только величиной, но и направлением в пространстве.

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}, \quad (1)$$

где $d\Phi$ - световой поток, лм;

$d\Omega$ - элементарный пространственный угол, стерадиан (ср).

Сила света в 1 кд показывает, что световой поток в 1 лм излучается в телесном угле в 1 ср для какого-либо точечного источника света.



Телесным углом (Ω) называют часть пространства, ограниченную конической поверхностью. Телесный угол, равный одному стерадиану, вырезает на поверхности сферы радиуса r участок, площадь которого S равна квадрату радиуса. Другими словами, телесный угол - это объемный угол, под которым мы видим те или иные предметы.

Величина телесного угла не зависит от величины радиуса, так как с увеличением радиуса увеличивается и вырезаемая часть шаровой поверхности.

Полный телесный угол

$$\Omega = \frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi \text{ ср}. \quad (3)$$

Следовательно, точечный источник света испускает поток во всех направлениях, равный

$$\Phi = 4\pi I. \quad (4)$$

Зависимость между телесными и плоскими углами (которые являются проекциями телесных углов на плоскость) выражается следующим соотношением:

$$\Omega = 2\pi(1 - \cos \alpha), \quad (5)$$

где α - плоский угол; раддус, радиан;

Ω - телесный угол, ср.

Яркостью источника света (B) в некотором направлении называют отношение силы света к единице площади светящейся поверхности источника света. В лампах накаливания такой поверхностью является раскаленная нить. Единица яркости - нит. Понятие яркости, как и силы света, связано с направлением.

Наряду с силой света и яркостью источника большое применение в светотехнике имеет освещенность поверхности.

Освещенность (E) - это поверхностная плотность падающего на поверхность светового потока, единицей измерения является люкс ($1 \text{ лк} = 1 \text{ лм/м}^2$):

$$E = \frac{\Phi_i}{S}, \quad (6)$$

где Φ_i - падающий на поверхность световой поток, лм;

S - площадь освещаемой поверхности, м².

В последующих лабораторных работах будут рассмотрены энергетические и визуальные (световые) величины светотехники.

Основой светотехнических расчетов служит **закон освещенности**. Закон освещенности устанавливает связь между освещенностью (E), силой света точечного источника (I), расстоянием от источника до освещаемой поверхности (r) и косинуса угла между направлением лучистого потока и нормалью к поверхности:

$$E = \frac{I \cos \alpha}{r^2} \quad (7)$$

Он применим только для точечных источников, поскольку лишь к таким источникам относится понятие силы света. Освещенность, создаваемая системой точечных источников либо протяженным источником, равна сумме освещенности от каждого точечного источника.

Описание люксметра марки Ю 116

Люксметр предназначен для измерения освещенности поверхности в пределах от 5 до 10⁵ лк (приборная погрешность 0,1). Он состоит из приемника лучистой энергии (селенового фотоэлемента) и измерителя (милливольтметра для измерения фото-ЭДС).

Фотоэлемент находится в пластмассовом корпусе и присоединяется к измерителю шнуром, обеспечивающим правильную полярность соединения. Светочувствительная поверхность фотоэлемента равна 30 см². Для равномерного освещения поверхности и защиты хрупкого слоя фотоэлемента применяется насадка, состоящая из белой светорассеивающей полусферы и непрозрачного кольца сложного профиля. Насадка маркирована символом «К».

Для ослабления лучистого потока применяются три плоских вставки с маркировками «М», «Р» и «Т» и коэффициентами ослабления 10, 100 и 1000 соответственно. Коэффициент ослабления насадки «К» равен 1. Одновременное использование насадки и одной из вставок позволяет расширить диапазон измерений люксметра в 10, 100 либо 1000 раз.

Измеритель смонтирован в отдельном корпусе, на передней панели которого находятся: шкала милливольтметра, проградуированная в единицах освещенности (люксах); две кнопки управления; таблица с указанием диапазонов измерений при различных насадках и при последовательно включенных кнопках.

Запрещается включать обе кнопки одновременно.

Люксметр имеет две шкалы: 0-100 и 0-30. На каждой шкале точками отмечено начало диапазона измерений: на шкале 0-100 точка находится над отметкой 17, на шкале 0-30 – над отметкой 5. При нажатой правой кнопке следует пользоваться шкалой 0-100. При нажатой левой – шкалой 0-30. показания приборов в делениях по соответствующей шкале умножают на коэффициент ослабления 10, 100 или 1000 в зависимости от применявшейся вставки.

Пределы измерений люксметра Ю 116

№	Насадка и вставки	Ослабление лучистого потока	Положение кнопки (включ.)	
			Левая	Правая
1	«К»	1	5 – 30	17 - 10 ²
2	«К» + «М»	10	50 - 3·10 ²	170 – 10 ³
3	«К» + «Р»	100	500 - 3·10 ³	1700 – 10 ⁴
4	«К» + «Т»	1000	0 - 3·10 ⁴	0 – 10 ⁵

Фотоэлемент люксметра не имеет светофильтра, поэтому при измерении освещенности от источников, значительно отличающихся по спектральному составу от ламп накаливания, следует вводить поправочные коэффициенты.

Поправочные коэффициенты для люксметров типа Ю-116.

Тип источника света в осветительной установке	Значения поправочных коэффициентов
Лампы накаливания	1,0
Люминесцентные лампы типов:	
ЛБ	1,17
ЛХБ	1,15
ЛЕ	1,01
ЛД	0,99
ЛДС	0,99
ЛХЕ	0,98
Лампы типа ДРЛ	1,09
Металлогалогенные лампы типов:	
ДРИ 400	1,22
ДРИ 1000 – 1	1,06
ДРИ 3500 – 1	1,03
ДРИШ 575	0,93
ДРИШ 2500	0,98
ДНаТ	1,23
<i>Примечание:</i> В зависимости от применяемых источников света показания люксметра Ю-116 должны быть умножены на поправочные коэффициенты	

Другой особенностью люксметра Ю-16 является то, что он обеспечивает точность показаний только в том случае, если свет падает на фотоэлемент под углами не более 60° к нормали, проведенной к плоскости фотоэлемента к свету, падающему под углом более 60°, не соответствует закону косинуса.

Изучить устройство и освоить работу на люксметре марки Ю-16. Фотометрический датчик закреплен стационарно на черном экране, измеритель вынесен за пределы фотометрической скамьи. Блок питания лампы накаливания состоит из лабораторного автотрансформатора типа ЛАТР и измерительных приборов – вольтметра и миллиамперметра. Ручка регулировки напряжения находится на верхней крышке ЛАТР, нулевое положение – до упора против часовой

стрелки. При измерении освещенности необходимо соблюдать следующие требования:

- Запрещается одновременно включать обе кнопки на панели прибора;
- При замене ослабляющих вставок люксметр должен быть выключен;
- На фотометрический датчик не должна падать тень от человека либо от оборудования;
- Для измерения освещенности в глубине помещения с невысокими коэффициентами отражения внутренних поверхностей фотодатчик следует располагать перпендикулярно лучу, проведенному через центр светопроема в точку, где производятся измерения, и полученное значение умножить на косинус угла падения лучистого потока;
- Измерительный прибор не должен располагаться вблизи сильных магнитных полей.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Задание 1. Проверить закон обратных квадратов.

1. Получить у преподавателя лампу накаливания с прозрачной колбой мощностью 40 Вт и стандартным цоколем. Установить лампу в патрон на каретке. Проверить высоту лампы – волосок лампы должен совпадать с центром фотодатчика. Протереть лампу сухой салфеткой. Отодвинуть каретку и включить лампу через блок питания. Установить заданное преподавателем напряжение.

2. Передвигая каретку, определить расстояние r_1 , соответствующее освещенности 1000 лк. Плавно отодвигая каретку, измерить освещенность в 8-ми точках на разных расстояниях через 10 см.

3. Результаты измерений оформить в виде таблицы 1.

Таблица 1.

Зависимость освещенности от расстояния до точечного источника света

№ опыта	r_i , м	r^2 , м ²	r^{-2} , м ⁻²	E , лк	I , кд	Φ , лм	$\langle I \rangle$, кд
1							
..							
8							

Задание 2. Проверить закон освещенности на модели осветительного прибора (светильника).

2.1. Установить каретку с лампой на расстоянии, соответствующем освещенности 300 лк. Осторожно с противоположной стороны поднести рефлектор. Убедиться в значительном увеличении освещенности поверхности фотоприемника.

2.2. Передвигая каретку, определить расстояние r_1 , соответствующее освещенности 1000 лк. Плавно отодвигая каретку, изменить освещенность в 4-х

точках на разных расстояниях. Убрать рефлектор. Выключить лампу, повернув рукоятку ЛАТРа влево до упора.

2.3. Результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2

Проверка закона освещенности на модели светильника

№ опыта	r_i , м	r^2 , м ²	r^{-2} , м ⁻²	E , лк	I , кд	Φ , лм	$\langle I \rangle$, кд

Задание 3. Вычислить по формуле $I_i = E \cdot r_i^2$ силу света лампы для разных расстояний, найти среднее значение $\langle I_c \rangle$, кд. Определить три расстояния, при которых среднее значение $\langle I \rangle$ совпадает либо наиболее близкое к значению I_i . Эти расстояния будут использованы при выполнении задания 6.

Задание 4. Вычислить световой поток Φ по формуле $\Phi = ES$, приняв площадь освещаемой поверхности S равной светочувствительной поверхности фотоэлемента (30 см²). Результаты расчетов занести в таблицы 1, 2.

Задание 5. Используя результаты эксперимента в задании 1, вычислить яркость лампы накаливания по формуле $B = \frac{I}{S_{нити}}$. Принять значение площади нити накаливания равной $S_{нити} = 1,8 \cdot 10^{-4}$ м². Расчет произвести для трех значений расстояний, выбранных студентом самостоятельно, и представить в виде таблицы 3.

Таблица 3.

Яркость стандартной лампы накаливания (40 Вт 220±10 В)

№ точки	r_i , м	E , лк	I , кд	B , нит	$\langle B \rangle$, нит

Задание 6. В прямоугольной системе координат построить графики зависимости $E(r)$, $E\left(\frac{1}{r^2}\right)$, $I\left(\frac{1}{r^2}\right)$ для лампы типа ЛН без рефлектора и с рефлектором.

Задание 7. Сравнить полученные экспериментально светотехнические показатели лампы накаливания со стандартизированными. Оценить целесообразность применения рефлектора как регулятора светового потока.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Указать пределы измерения люксметра марки Ю-116, его точность в разных диапазонах значений освещенности. Перечислить ограничения при использовании этого прибора.
2. Дать определение следующим светотехническим величинам: сила света, яркость, световой поток, световая энергия, освещенность.
3. Дать определение единицам измерения: кандела, люмен, люкс, нит.
4. Сформулировать закон освещенности для точечного источника света.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Сущность фотоэлектрического метода и область применения методики.
3. Результаты измерений и расчетов в виде таблиц № 1, 2, 3 и графиков $E(r)$, $E\left(\frac{1}{r^2}\right)$, $I\left(\frac{1}{r^2}\right)$.
4. Письменные ответы на контрольные вопросы.
5. Выводы.

ИЗУЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Цель работы: изучить светотехнические характеристики источников света; исследовать зависимость светотехнических величин (яркости, световой отдачи и удельного расхода мощности) лампы накаливания от потребляемой мощности фотоэлектрическим методом; получить практические навыки визуальной фотометрии; сравнить световые потоки источников света нового поколения методом визуальной фотометрии.

Оборудование: фотометрическая скамья ФС-3; визуальный фотометр; мерная линейка с ценой деления 1 мм; люксметр марки Ю-116, лабораторный автотрансформатор ЛАТР, вольтметр переменного тока с пределами 50-250 В (цена деления 10 В), миллиамперметр с пределами 100 – 500 мА (цена деления 10 мА); эталонная лампа накаливания мощностью 40 Вт; набор исследуемых ламп нового поколения различных типов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

Солнечный свет играет большую роль в жизни человека. Однако помимо солнечного света человек широко пользуется и искусственными источниками, чтобы сделать окружающую среду более пригодной для работы и отдыха. Тысячи различных типов ламп и систем освещения дают людям свет и создают новую, более красивую среду существования.

Правильно спроектированное и подобранное освещение обеспечивает комфорт и настроение, повышает работоспособность, способствует сохранению здоровья. Подбор качественного освещения - это не только достижение достаточной освещенности, но и надежность, безопасность, экономичность.

В современном освещении в основном используют 5 видов искусственных источников света: лампы накаливания, галогенные лампы накаливания, люминесцентные лампы, газоразрядные лампы и светодиоды.

Преимуществом **ламп накаливания** (ЛН) является их привычность, распространенность и дешевизна. Но, к сожалению, они не экономичны и сильно нагреваются. Обычная лампа накаливания 92 - 94% электроэнергии преобразует в тепло и лишь 6 - 8% - в свет. Еще одним недостатком ЛН является то, что спектр ее отличается от дневного света преобладанием желтого и красного излучения и полным отсутствием ультрафиолета. Срок службы ЛН очень мал - не более 1 000 часов. Высокий технический уровень освещения с этими лампами невозможен. Несмотря на то, что ЛН является наиболее распространенным источником света, последнее время она постепенно уступает место лампам других видов. Последнее время стали широко использоваться ЛН с внутренним зеркальным покрытием, увеличивающим светоотдачу. Зеркальные лампы, излучающие направленный свет, являются самым простым средством создания световых акцентов. Они также рассчитаны на применение во встраиваемых, подвесных, потолочных и настенных светильниках.

Свет **галогенных ламп накаливания (ГЛН)** - от широкого рассеянного, мягкого, не дающего тени, до резко ограниченного узкого пучка - дает возможность изыскивать бесчисленное количество вариантов освещения. Миниатюрная колбочка ГЛН выполнена не из обычного, а из тугоплавкого кварцевого стекла. Условия работы нити накала ГЛН можно назвать "реабилитационными". Испаряющиеся с ее поверхности частицы вольфрама соединяются с частицами галогена, образуя химические комплексы. Отразившись от горячих стенок кварцевой колбочки эти комплексы конвективно движутся назад к нити накала. Термическое разложение комплексов возвращает частицы вольфрама на поверхность нити. Процесс возврата протекает в динамическом равновесии с процессом испарения.

Галогенные лампы, в отличие от традиционных ламп накаливания, дают свет с более высокой цветовой температурой (около 3000 К). Повышенные значения цветовой температуры нити накала ГЛН обеспечивают сдвиг спектра излучения в коротковолновую область. Максимум излучения ЛН располагается в желто-зеленой области. У ГЛН он сдвинут в зеленую область, где чувствительность человеческого глаза много выше. Иными словами, свет ГЛН наиболее приближен к солнечному свету. Они более светового долговечны, дают больше света при одинаковой мощности и сохраняют постоянную величину потока в течение всего срока эксплуатации. Новое поколение галогенных ламп имеет четкое ограничение пучка, наличие теплоотражающих покрытий, превосходную передачу цветов. Уровень ультрафиолета, излучаемого галогенными лампами, мал. Так, 8 часов пребывания в офисе, освещенном галогенными лампами, эквивалентны 10 минутам пребывания при солнечном освещении.



В газоразрядных лампах излучателем света являются газы или пары натрия,

ртути, возникающие под действием проходящего через них электрического тока. Спектр излучения - линейчатый, причем значительная часть (до 30 %) сконцентрирована в видимой области. Свечение газов отличается более высокой экономичностью. Однако спектр газовых источников состоит из отдельных линий и сильно отличается от привычного для человеческого глаза белого света. Если этот фактор играет второстепенную роль, то газосветные источники с успехом заменяют лампы накаливания, например, при



освещении магистралей. К серьезным недостатком газоразрядных ламп следует отнести невозможность регулировки светового потока. Принцип работы газоразрядных ламп следующий. После включения разрядной лампы ток течет через буферный газ, находящийся в горелке. По мере выделения тепла происходят испарение ртути, натрия или галогенидов, пока давление их паров не стабилизируется и не достигнет значения давления в рабочем состоянии. Это так называемое время разгорания может достигать 1 - 4 минут. Время повторного зажигания в среднем составляет 10 минут. Такие лампы рекомендуются к использованию для непрерывного освещения в закрытых светильниках

В люминесцентных лампах излучателем света являются вещества -люминофоры, свечение которых происходит за счет любого вида энергии, кроме тепловой. Это так называемое «холодное свечение». В бытовых люминесцентных лампах люминофор, нанесенный на внутреннюю поверхность газоразрядной лампы, излучает полосатый



спектр под действием ультрафиолетового излучения разряда. Люминофор подбирают таким образом, чтобы его свечение восполняло недостаток газового свечения. В стандартных лампах типа ЛЛ применяют галофосфатный люминофор. В результате получается источник, цвет излучения которого приближается к солнечному. Для люминесцентных ламп характерны стабильность светового потока, улучшенные цветовые характеристики и более высокая световая отдача. Есть лампы с теплым светом, близким к цвету ламп накаливания, а также приглушенный свет с низкой дозой ультрафиолета. Малые габариты (до 0 16 мм) при высоком световом потоке исключительная гибкость дизайна, легкий монтаж светового прибора в модульные системы потолков, малые размеры эффективны при решении вопросов перераспределения светового потока.

Люминесцентные лампы обладают значительно более рассеянным светом, чем «точечные» источники (лампы накаливания, галогенные лампы либо разрядные). Они идеально подходят для освещения открытых пространств, таких как офисные и производственные помещения. Рекомендуется использовать там, где начальные низкие затраты имеют приоритетное значение. Компактные люминесцентные (декоративные) лампы дают больше света практически без нагрева, преобразуя до 25% потребляемой электроэнергии в свет. Срок службы в 15 раз продолжительнее ламп накаливания.

К источникам света новейшего поколения относятся **светодиодные лампы и лазеры** – квантовые генераторы оптического диапазона. В них свет излучают так называемые возбужденные активные среды (газы, кристаллы, растворы), в которых создана инверсная заселенность квантовых энергетических уровней. Существует много способов возбуждения (накачки) активной среды. Например, накачку производят потоком электронов либо ионов, разогнанных в электрическом поле, которое при столкновении с атомами и молекулами возбуждают их. При химической качке используется то, что продуктом некоторых реакций являются молекулы, сразу в возбужденном состоянии. Есть способ «ударной» накачки газовой среды, когда возбуждают один из газов смеси, а его атомы при столкновении передают энергию возбуждения излучающим атомам.

К уникальным свойствам лазерного излучения следует отнести узко направленность, возможность сконцентрировать в кратковременном импульсе огромную энергию, получение излучения различных частот в широком диапазоне. Всё это обусловило широкое научное и техническое применение лазеров.

Итак, оценим данные по экономичности ламп накаливания, приведенные в газете «Советская Белоруссия» от 5.04.2010г.

Наименование	Цена	Срок службы (часы)
Лампа Накаливания 100Вт	600 руб.	1 000
Контактная люминесцентная (энергосберегающая) Лампа 20 Вт=100 Вт	12-18 тыс. руб.	6 000-10 000
Светодиодная 5 Вт=100 Вт	100 тыс. руб.	30 000-50 000

Пока светодиодные технологии слишком дороги, но, как утверждают эксперты, по мере роста производства и развития научной мысли могут быть вполне

сопоставимы по цене с люминесцентными. К тому же отпадает необходимость создания индустрии утилизации ламп, содержащих ртуть, и светодиод дает наиболее приближенный к солнечному спектру.

К основным характеристикам источника света относятся:

- электрическая – напряжение (В), потребляемая мощность (Вт);
- световая – световая отдача (лм/Вт), яркость (нит);
- цветовая – спектральный состав, цветовая температура (К) и общий индекс цветопередачи (R_a);
- экономическая – срок службы (час), стоимость, экологическая безопасность и возможности утилизации.

Две последних характеристики не изучаются в рамках практикума строительной физики.

В светотехнике используются два класса фотометрических величин:

- **энергетические**, которые характеризуют энергетические параметры оптического излучения безотносительно к его действию на технические приемники излучения, например, на фотоэлементы;
- **световые (визуальные)**, которые характеризуют физиологические действия света и оцениваются по воздействию на глаз (исходят из так называемой средней чувствительности глаза).

Световой поток (Φ , лк) – это мощность излучения видимой области спектра, которое, попадая на сетчатку глаза, вызывает у человека ощущение цвета и света.

Сила света источника в некотором направлении – это угловая плотность светового потока излучения в данном направлении. Единица измерения силы света (кандела) равна силе света в заданном направлении точечного изотропного источника света, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $\frac{1}{683}$ Вт/ср.

Яркость источника света – это величина, равная отношению силы излучения к единице площади светящейся поверхности источника света, рассчитывается по формуле $B = \frac{I}{S}$. Единица измерения – нит.

Световая отдача – величина, равная отношению излучаемого источником светового потока к потребляемой мощности электрической энергии, рассчитывается по формуле $Z = \frac{\Phi}{P}$. Единица измерения – люмен/Ватт.

Удельный расход мощности – величина, равная отношению мощности электрической энергии к силе света, рассчитывается по формуле $\eta = \frac{P}{I}$. Единица измерения – Ватт/кд.

Некоторые светотехнические величины изучались в лабораторной работе 2.1. «Измерение освещенности фотометрическим методом». Там же описана методика работы с люксметром марки Ю-116.

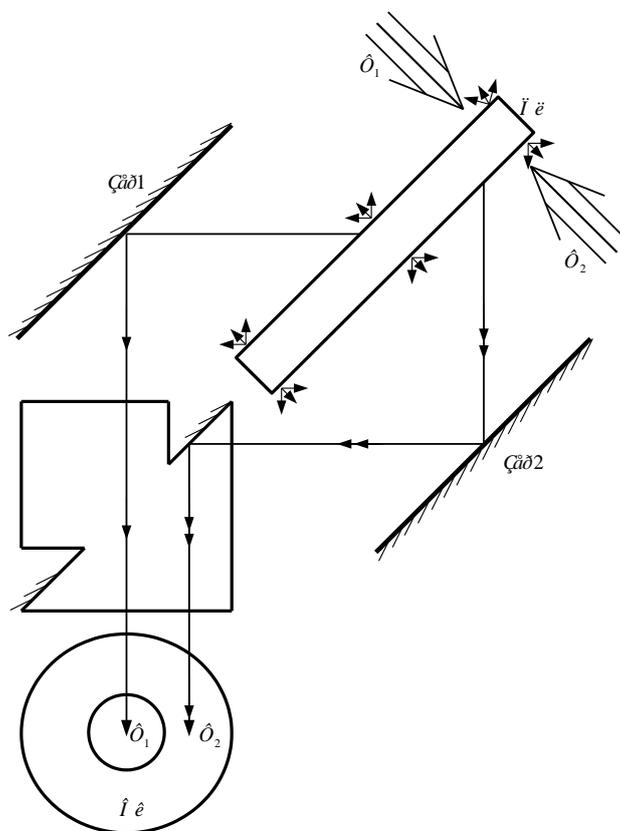
Описание визуального фотометра

Визуальный фотометр является самым точным прибором для светотехнических измерений в видимой области. Он применяется для определения коэффициентов пропускания и оптических плотностей прозрачных веществ, измерения лучистых потоков источников света и многих других оптических величин.

Действие прибора основано на принципе уравнивания двух световых потоков, которые в окуляре сводятся в одном поле зрения. Благодаря простоте, универсальности и скорости выполнения этот метод широко используется в лабораторной практике.

Свет от двух источников освещает приемную матовую пластину (Π) с двух сторон, рассеивается ее поверхностями и, отразившись от зеркал (Зер), направляется через фотометрический кубик (K) в окуляр (Ок). Фотометрический кубик является основным оптическим элементом фотометра. Он состоит из двух призм, грань одной из которых сошлифована по краям так, что касание между призмами происходит только в средней части поверхностей. Грани в центре пришлифованы так хорошо, что образуют оптический контакт, через который лучи проходят без преломления. На краях грани лучи в соседнюю призму не проходят. В результате в окуляре возникают изображения двух полей, яркость которых зависит от лучистых потоков ламп. Перемещая фотометр между лампами, можно легко найти положение, в котором все поле зрения будет равномерно освещено. Эта точка светового равновесия делит расстояние между лампами на две части, длина которых обратно пропорциональна лучистым потокам исследуемых источников света.

Юстировку фотометра выполняет преподаватель. При проведении фотометрических измерений необходимо источник света, приемные пластины, экраны и другие части установки расположить по оси скамьи. Для центрирования (юстировки системы) служат визирные сетки фотометрической головки. На время центровки приемную пластину вынимают из корпуса головки, нажимая пальцами на щечку замка оправы на верхней плоскости корпуса фотометра, а визирными сетками закрывают с обеих сторон образовавшиеся при этом в корпусе головки сквозное отверстие. При фотометрировании визирные сетки должны быть сдвинуты в сторону. Для того, чтобы рассеянный свет не попадал на приемную пластинку головки, с обеих сторон ее устанавливают специально для этого предназначенные бархатные экраны небольшого размера.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Задание 1. Определить зависимость силы света, светового потока, световой отдачи и удельного расхода мощности эталонной лампы типа ЛН от потребляемой мощности. При выполнении данного задания используется фотометрический метод измерения освещенности люксметром марки Ю-116, стационарно закрепленном на левом экране скамьи ФС-М. Навыки работы с прибором и методика расчета светотехнических величин освоены при выполнении лабораторной работы 2.1.

1.1 Получить у преподавателя эталонную лампу накаливания, установить в патрон левой каретки, включить блок питания. Регулируя напряжение поворотом ручки трансформатора, установить напряжение 200 В.

1.2 Установить каретку с эталонной лампой на расстояние, соответствующее освещенности 1000 лк. Зафиксировать положение каретки. Измерить расстояние между эталонной лампой и фотодатчиком (r , м).

1.3 Изменяя напряжение и силу тока, следовательно, изменяя накал лампы, можно изменить все светотехнические величины. Установить напряжение U_i (В) согласно таблице 1, измерить силу тока I_i (мА) и освещенность E (лк). Потребляемая электрическая мощность P (Вт) вычисляется как произведение напряжения U (В) на силу тока I (А). Сила света I (кд) вычисляется как произведение освещенности на квадрат расстояния r (м). Лучистый поток Φ (лм) вычисляется как произведение освещенности на площадь освещаемой поверхности фотодатчика ($S = 30 \text{ см}^2$). Формулы для расчетов яркости источника света, световой отдачи и удельного расхода мощности приведены в теоретической части методического указания. Выключить эталонную лампу. Произвести необходимые вычисления.

1.4. Результаты измерений и расчетов представить в форме таблицы.

Таблица 1

Зависимость светотехнических характеристик
эталонной лампы от потребляемой мощности ($r = \quad$, м)

Измеряемые величины				Расчетные величины					
№	U_i , В	I_i , мА	E_i , лк	P , Вт	I , кд	Φ , лм	B , нит	Z , лм/Вт	η , Вт/кд
1	200								
2	180								
3	160								
4	120								
5	100								

1.5. В прямоугольной системе координат построить графики зависимости $I(P)$, $\Phi(P)$, $B(P)$, $Z(P)$ и $\eta(P)$.

Задание 2. Изучить светотехнические характеристики источника света нового поколения. При выполнении задания используется визуальный фотометр.

2.1. Получить у преподавателя исследуемую лампу со стандартным цоколем. Выписать в таблицу 2 из технических характеристик на исследуемую лампу следующие данные: электрическая мощность, световой поток, цветовая температура, срок службы.

2.2. Установить в правую каретку исследуемую лампу и отрегулировать высоту лампы по центру отверстия на правом экране. Закрепить каретку. Включить исследуемую лампу непосредственно в сеть.

2.3. Установить левую каретку с эталонной лампой вплотную к левому экрану. Закрепить каретку. Включить эталонную лампу через блок питания.

2.4. Получить инструкцию у преподавателя о правилах работы с визуальным фотометром. Научиться находить положение фотометра при равных лучистых потоках от источников света (точку фотометрического равновесия).

2.5. Установить напряжение на эталонной лампе 200 В. Переместить каретку с визуальным фотометром и определить точку фотометрического равновесия.

2.6. С помощью мерной линейки скамьи определить положения эталонной лампы ($x_{\text{Э}}$); точки фотометрического равновесия ($x_{\text{рав}}$) и исследуемой лампы (x_u). Вычислить $r_{\text{Э}} = x_{\text{рав}} - x_{\text{Э}}$ и $r_u = x_u - x_{\text{рав}}$. Из таблицы 1 взять данные лучистого потока $\Phi_{\text{Э}}$ эталонной лампы при напряжении 200 В. Результаты измерений и расчета занести в таблицу 2.

2.7. Вычислить лучистый поток исследуемой лампы по формуле $\Phi_u = \left(\frac{r_u}{r_{\text{Э}}}\right)^2 \cdot \Phi_{\text{Э}}$. Вычислить световую отдачу исследуемой лампы.

Таблица 2.

Светотехнические характеристики
ламп нового поколения

Тип и технические характеристики исследуемой лампы	U_B эталон лампы	Положение			$r_{\text{Э}}$	r_u	$\Phi_{\text{Э}}$	Φ_u	$Z_{\text{ЛМ/Вт}}$
		$x_{\text{Э}}$	$x_{\text{рав}}$	x_u					
$U =$									
$P =$									
$\Phi =$									
$\Delta t =$									

2.8. Повторить выполнение п. 2.5.-2.7. при напряжении на эталонной лампе 180 и 160 В. Результаты внести в таблицу 2.

Задание 3. Сравнить светотехнические характеристики ламп накаливания и лампы нового поколения.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислить классы источников света и указать их преимущества.
2. Перечислить светотехнические характеристики источников света.
3. Дать определение единицам измерения световых величин (кандела, люмен, люкс, люмен-секунда).
4. Объяснить принцип работы визуального фотометра.

5. Обосновать экономическую целесообразность применения источников света нового поколения.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Сущность метода визуальной фотометрии и область применения методики.
3. Результаты измерений и расчетов в виде таблиц 1 и 2. Графики зависимости $I(P)$, $\Phi(P)$, $B(P)$, $Z(P)$ и $\eta(P)$ для эталонной лампы.
4. Обоснованный вывод об экономичной целесообразности применения ламп нового поколения (сравнение световых отдач).
5. Письменные ответы на контрольные вопросы.

Лабораторная работа № 2.3

ИЗУЧЕНИЕ СВЕТОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Цель работы: изучить светотехнические характеристики осветительных приборов; получить практические навыки по выбору светильников в зависимости от класса и индикатрисы силы света; построить поперечную индикатрису силы света светильника со стандартной лампой; провести анализ светораспределения светильника с различными типами ламп.

Нормативные ссылки и справочные материалы:

- СНиП И – 4 – 79 и СНиП 23 – 05 – 95
- СНБ 2.04.05 – 98 Естественное и искусственное освещение.
- Каталог ламп «2008 GE» general Electric. – 2008. – 200 с.
- Справочная книга по светотехнике /под ред. Ю.Б. Айзенберга. – 3-е изд. перераб. и доп. – М: Знак. – 972 с., ил.

Оборудование: фотометрическая скамья ФС-М (цена деления 1 мм); люксметр Ю-116; потолочный светильник прямого света, установленный на каретке с лимбом 0-360° (цена деления 1°); набор ламп накаливания мощностью 40 Вт.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

Средства искусственного освещения – источники света и осветительные приборы являются строительными и архитектурными элементами интерьера и города. Во многих случаях свет этих источников заменяет либо дополняет естественный свет и обеспечивает световой комфорт. Источники искусственного света, как правило, не используются самостоятельно, а являются частью конструкции светильников.

Осветительный прибор (в состав которого входит лампа, светильник с отражателем, рассеиватель и арматура) решает важнейшую светотехническую задачу – светораспределение лучистых потоков, с которым связано тенеобразование, контрастность, интенсивность и направления зеркального отражения. При этом он выполняет эстетическую роль.

В настоящее время существуют две системы искусственного освещения: общее (равномерное или локализованное) и комбинированное, когда общее освещение дополняется местным на рабочих местах. Современные нормы освещения учитывают особенности зрительной работы, контраст объекта с фоном, светлоту объекта и др. Многие вопросы, такие как выбор экономичной системы освещения, учет эксплуатационных характеристик осветительных приборов, соответствие нормативным требованиям и светотехнические расчеты решаются совместно строителями, архитекторами и светотехниками.

Для борьбы с яркостью применяют осветительную арматуру, защищающую от слепящего действия прямых лучей света. Различают осветительную арматуру прямого света, когда для обеспечения высокой освещенности 90% светового потока

направлено вниз на горизонтальную поверхность. Эта арматура применяется для освещения прихожих, кухонь, санитарных узлов.

Арматура отраженного света характеризуется тем, что 90% светового потока направлено на потолок и верхнюю часть стен, от которых он отражается и равномерно распределяется, освещая помещение рассеянным светом. Этот вид арматуры создает рациональное освещение, но оно экономически не выгодно, так как при этом теряется свыше 50% света.

Для освещения жилищ применяют более экономную арматуру равномерно рассеянного света, когда световой поток, пройдя через матовое стекло в виде молочного шара, равномерно распределяется по помещению. Часть светового потока отражается от потолка и стен. Действующие нормы минимального общего искусственного освещения регламентируют освещенность при лампах накаливания для жилых помещений в 50 люкс, оптимальную освещенность в 200 люкс. Освещенность, создаваемая люминесцентными лампами в жилых помещениях, в 2 раза выше.

1. Молочный шар — светильник равномерно рассеянного света.
2. Светильник отраженного света.
3. Светильник прямого света.

Основными светотехническими характеристиками осветительных установок являются: индикатриса силы света; защитный угол γ ; коэффициент светопропускания арматуры и коэффициент полезного действия установки.

Индикатриса силы света – это распределение силы света в зависимости от направления распространения лучистого потока в виде графика в полярных координатах.

Для построения индикатрис силы света обычно применяется фотометрический метод. Искомая сила света в данном направлении вычисляется по формуле

$$I = Ed^2,$$

где d - расстояние от центра лампы до фотоприемника.

Для представления о распределении светового потока в пространстве пользуются понятием фотометрической поверхности.

Фотометрической поверхностью называется поверхность, которая представляет собой геометрическое место концов радиусов-векторов, отображающих распределение силы света источника во всех направлениях пространства.

Фотометрическая поверхность строится в полярных координатах следующим образом. Сила света в разных направлениях откладывается в принятом масштабе на радиус-векторах, проведенных из центра источника света. Концы векторов, соответствующих значениям силы света в разных направлениях, соединяют и таким образом получают замкнутую поверхность, которая и называется фотометрической поверхностью. Часть пространства, ограниченная этой поверхностью, называется **фотометрическим телом**.

Для большинства источников света и осветительных приборов фотометрическое тело симметрично относительно некоторой оси. Такие источники света и осветительные приборы называются **симметричными**.

Для суждения о фотометрической поверхности достаточно иметь одно ее сечение вертикальной плоскостью, проходящей через ось симметрии.

Продольной индикатрисой силы света (сечение фотометрической поверхности вертикальной плоскостью) называется кривая в любой плоскости, проходящей через ось симметрии лампы осветительного прибора. Для симметричных источников света и осветительных приборов обычно строят половину продольной индикатрисы силы света.

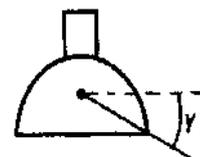
Поперечной индикатрисой силы света называется сечение фотометрической поверхности горизонтальной плоскостью, перпендикулярной оси лампы.

В настоящее время принята классификация светильников по характеру светораспределения, приведенная в таблице 1.

Классы прибора	Подклассы в зависимости от характера светораспределения	Индикатриса силы света	Схема устройства	Доля светового потока в верхней полусфере
Прямого света	Концентрированного; среднего; широкого			0 – 10 %
Рассеянного света	Преимущественно прямого			10 – 45 %
	Равномерно рассеянного			45 – 55 %
	Преимущественно отраженного			55 – 90 %
Отраженного света	Среднего; широкого			90 – 100 %

Тип светильника	Рассеиватель	Колба лампы	Защитный угол
Светильники с эмалированными зеркальным отражателями глубокого излучения; с непрозрачными рассеивающими или полурассеивающими отражателями	Отсутствует	Прозрачная	От 10 до 30°
	Отсутствует	Матированная	10 - 90°
	Матированное стекло в зоне 0 - 90°	Прозрачная	До 20° Более 20°
Светильники с зеркальным отражателем широкого излучения	Отсутствует	Прозрачная	Любой
Светильники с рассеивателями без отражателей	Молочное стекло, светотехническая бумага в зоне 0 - 90°	Прозрачная	Нет
	То же в зоне 60 - 90°	Прозрачная	Нет
	Матированное стекло в зоне 0 - 90°	Прозрачная	Нет
Лампы накаливания (голые)	Отсутствует	Матированная	Нет

Защитный угол γ - это светотехническая характеристика отражателя, зависящая как от геометрии, так и типа используемой лампы. На одном и том же отражателе можно получить разный защитный угол в зависимости от положения светящейся нити лампы накаливания либо формы люминесцентной лампы.



Коэффициент полезного действия светильника – это отношение светового потока, излучаемого источником света, к тому световому потоку, который излучает светильник во всех направлениях.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Задание 1. Исследовать характер распределения силы света потолочного светильника. Светильник закреплен стационарно на малом экране и может вращаться вокруг вертикальной оси. В центральной части каретки имеется шкала от 0° до 360° для измерения угла поворота с ценой деления 1° .

1.1. . Получить у преподавателя источник света – лампу накаливания мощностью 40 Вт с прозрачной колбой. Протереть лампу сухой салфеткой.

1.2. Установить лампу в патрон светильника. Проверить совпадение по высоте центра лампы с центром фотоприемника люксметра.

1.3. Отодвинуть каретку с осветителем влево от фотоприемника и включить светильник непосредственно в сеть. Вращая стойку с лимбом, установить светильник в нулевое положение. При этом малый экран со светильником должен быть перпендикулярен большому экрану с фотодатчиком. Измерить угол при этом положении не менее трех раз, найти среднее значение $\langle \varphi_0 \rangle$.

1.4. Перемещая каретку и одновременно вращая лимб, определить расстояние, при котором освещенность составит 950 – 980 лк. Убедиться, что при данном расстоянии максимальная освещенность не превысит 1000 лк и люксметр не зашкалит. Обратит внимание, при каком положении тень от малого экрана начинает закрывать диффузор фотодатчика. Измерения выполняют в диапазоне углов, при которых тень от экрана светильника только касается диффузора фотодатчика слева или справа.

1.5. Зафиксировать положение каретки стопором. Записать в таблицу значение расстояния (r, m) между светильником и фотоприемником.

1.6. Медленно вращая экран со светильником, найти угол, при котором тень от экрана коснется диффузора, и конус света начнет заливать фотодатчик. Измерить начальный угол. Вычислить защитный угол светильника как разность значений начального и нулевого угла $(\varphi = \varphi_{нач} - \langle \varphi_0 \rangle)$.

1.7. Поворачивая светильник, снять отсчеты показания люксметра через каждые 5° поворота. Конечный угол $\varphi_{кон.}$ соответствует положению малого экрана, при котором его тень вновь касается фотодатчика. Повторить измерения, вращая светильник в противоположном направлении.

1.8. Выключить лампу накаливания. Отодвинуть каретку влево. Протокол измерений оформить в виде таблицы.

1.9. По формуле $I_{\theta} = E_{\theta}r^2$ рассчитать значение силы света в различных направлениях.

Результаты измерения светораспределения потолочного светильника

Угол лимба, °	$E_{лк}$	$E_{лк}$	$\langle E \rangle$	$J, кд$

Задание 2. Изучить светораспределение светильников с различными лампами накаливания (по заданию преподавателя). **Внимание!** При замене ламп необходимо соблюдать осторожность, **не спешить и подождать**, чтобы рабочая лампа успела остыть. Перед началом испытаний необходимо колбы ламп протирать сухой салфеткой.

2.1. Получить у преподавателя набор ламп накаливания с прозрачной, матированной колбой и с зеркальным отражателем.

2.2. Выполнить пункты 1.2- 1.5 для светильников с различными лампами накаливания.

2.3. Построить на одном графике в полярных координатах поперечные индикатрисы для исследованных светильников.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение осветительных приборов.
2. Дать определения фотометрической поверхности и фотометрического тела.
3. Назовите основные светотехнические характеристики светильников.
4. Классификация светильников.
5. Привести примеры индикатрис светильников различных классов, пользуясь каталогом фирм-производителей.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Таблицы 1 и 2.
3. Сводный график в полярных координатах поперечных индикатрис силы света потолочного светильника.
4. Выводы.

Лабораторная работа № 2.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРОПУСКАНИЯ СВЕТА ОСТЕКЛЕНИЯ

Цель работы: закрепить практические навыки работы с фотоэлектрическим люксметром; определить коэффициент общего пропускания света оконного блока с тройным остеклением; определить коэффициенты направленного пропускания стекол с рифленой или узорчатой поверхностью.

Нормативные ссылки:

ГОСТ 26602.4 – 99 Блоки оконные и дверные. Метод определения общего коэффициента пропускания света.

ГОСТ 26 302 – 93 Методы определения коэффициентов направленного пропускания и отражения света.

СТБ ЕН 410 – 2005 Стекло в строительстве. Определение светотехнических характеристик и физических параметров пропускания солнечного излучения остеклениями.

Оборудование: фрагмент оконного блока с поворотно-откидным открывателем (основные конструктивные особенности и оптические характеристики фрагмента соответствуют требованиям нормативной документации на изделие); люксметр марки Ю-116, имеющий спектральную погрешность менее 10%; металлическая линейка длиной 1 м с ценой деления 1 мм; лабораторный темнитель света, обеспечивающий освещенность поверхности образцов в пределах 500-1000 лк; ; размер фрагмента соответствует ГОСТ 26602.4 – 99; штангенциркуль с ценой деления 0,1 мм; коллекция образцов технического, витражного и строительного стекла с рифленой или узорчатой поверхностью, отполированных с обеих сторон.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

Роль стекла в современном жилищном, промышленном и гражданском строительстве невозможно переоценить. Начав свое победное шествие с простого заполнения светопроемов зданий, стекло в настоящее время превратилось в незаменимый конструкционный материал, область применения которого простирается от заполнения светопроемов до создания самонесущих и несущих строительных конструкций — от зенитных фонарей, потолков и перекрытий до перегородок, стен, лестниц и даже элементов фундамента.

Проектируя фасад здания и сооружения, авторы всегда учитывают ориентацию его по сторонам света и поэтому применяют различные марки стекла. На севере главная роль стекла - удерживать тепло и не пропускать холодный воздух в здание, на юге при активном западном солнце потребуется другое стекло, в функции которого входит защитить внутреннее пространство от переизбытка света и тепла.

Очень часто в практике строительства стеклянным конструкциям предъявляются жесткие, зачастую взаимоисключающие требования, на выполнение которых налагается запрет самой природой стекла. Стеклоконструкции заставляют

работать на изгиб, кручение, растяжение; подвергают их знакопеременным и неравномерным нагрузкам; воздействию ударных механических нагрузок и термоударам, действию воздушных ударных волн, возникающих при взрывах различного происхождения; заставляют противостоять ураганам, снеговой нагрузке, землетрясениям, пожарам - при всем этом требуют, чтобы эти конструкции не разрушались с образованием осколков, обладали хорошими шумоизолирующими и теплоизолирующими свойствами, огнестойкостью, пулестойкостью, антивандальными и противовзломными свойствами, и при всем этом сохраняли высокое светопропускание и отличную оптическую однородность.

Сегодня отечественные предприятия наладили выпуск стекла с уникальными свойствами, которые позволяют его применять в различных экстремальных условиях строительства.

По своему назначению архитектурное стекло подразделяется на несколько видов, в числе которых тонированное, солнцезащитное, низкоэмиссионное, многофункциональное и т.д.

Тонированное стекло представляет собой прозрачное бесцветное или окрашенное в массе (бронзовое, серое, зеленое, синее) флоат-стекло. Оно характеризуется цветовым эффектом снаружи и внутри здания, слабым отражением цвета и защитой от солнечного излучения в результате поглощения солнечной энергии.

Следующий вид - **солнцезащитное стекло**. Коэффициент отражения солнечной энергии у этого вида стекла составляет от 17 до 43%, а коэффициент пропускания видимого света - 19-20%. Область применения стекла распространяется на защитно-декоративное оформление внешнего вида зданий и сооружений различного назначения и отдельных конструктивных и архитектурных элементов.

В последние годы все большую популярность приобретает **теплосберегающее стекло**. Его главное назначение - сохранить тепло внутри здания. Это стекло подразделено на два вида.

К первому относится стекло с мягким покрытием из материалов на основе серебра. Это так называемое «I-стекло», которое пропускает более 75-83% видимого света и отражает обратно в помещение более 90-95% тепла.

Второй вид теплосберегающего стекла имеет жесткое покрытие из материалов на основе прочных и атмосферостойких оксидов, нитридов титана, индия, которые являются аналогом так называемого «K-стекла». Оно имеет несколько худшие теплосберегающие характеристики по сравнению с «I-стеклом». Отражение тепла при использовании этого вида стекла составляет 0-90%, а пропускание видимого света - 0-80%. Но при всех этих характеристиках покрытия в «K-стекле» отличаются высокой прочностью и атмосферостойкостью, что позволяет эти стекла использовать не только по прямому назначению, но и в качестве декоративного и солнцезащитного стекла.

Так же большое значение имеет выбор типа остекления и, в частности, количества слоев светопропускающего материала (одинарное, двойное, тройное остекление). Одинарное остекление может применяться в южных районах, в производственных зданиях, не оборудованных кондиционированием воздуха. В жилых домах севернее 50°с.ш. следует применять тройное остекление. Это связано с необходимостью снижения теплопотерь здания и экономией энергии. При этом

следует иметь в виду, что увеличение количества слоев остекления приводит к снижению светопропускания окон. Следовательно, при тройном остеклении требуется большая площадь остекления, чем при двойном.

Данная лабораторная работа выполняется согласно ГОСТ 26602.4 – 99 по стандартизированному методу.

Сущность метода состоит в определении отношения величины светового потока (Φ_τ), лм, прошедшего через образец для испытания, к величине светового потока (Φ_0), лм, падающего на образец из наружного пространства. В работе применяются следующие термины и определения:

Светопрозрачная ограждающая конструкция – строительная конструкция, предназначенная для обеспечения естественного освещения внутренних помещений зданий или сооружения.

Образец для испытания – светопрозрачная ограждающая конструкция в сборе или ее фрагмент, технические характеристики которых полностью соответствуют нормативной и конструкторской документации.

Световой поток (Φ), лм, - величина, пропорциональная потоку излучения, с учетом относительной спектральной эффективности монохроматического излучения.

Коэффициент общего пропускания света (τ_L), отн. ед., - отношение светового потока, прошедшего сквозь светопрозрачную конструкцию, к световому потоку, упавшему на нее. Этот коэффициент служит основной светотехнической характеристикой строительных прозрачных стекол.

Коэффициент направленного пропускания света (τ) отн. ед. – отношение значения светового потока, нормально прошедшего сквозь образец (Φ_r), к значению светового потока, нормально падающего на образец (Φ_0). Коэффициент τ является основной светотехнической характеристикой витражей, витрин, светопроемов, состоящих из различной комбинации непрозрачных и светопропускающих элементов из различных видов стекол – окрашенных либо прозрачных, без покрытия или с покрытиями, узорчатых, армированных, многослойных и т.д. Для неглушенных оконных стекол коэффициент направленного пропускания света равен коэффициенту общего пропускания ($\tau = \tau_L$).

Коэффициент направленного отражения света (ρ) отн. ед. – отношение значения светового потока, отраженного от образца в заданном направлении (Φ_ρ), к значению светового потока, падающего на образец в заданном направлении (Φ_0), причем угол направления падающего потока равен углу направления отраженного потока. Коэффициент ρ в основном применяется как характеристика плоских зеркал. Значение коэффициента направленного отражения света равно значению коэффициента общего отражения света при равных углах падения.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Задание 1. Ознакомиться со стендом светопрозрачной конструкции.

1.1. Измерить площадь светопрозрачной части фрагмента оконного блока. Измерить толщину остекления d каждого стекла (d_1, d_2, d_3) и размеры просвета между стеклами (h_1, h_2).

1.2. Отметить положение трех контрольных точек на наружной и внутренней поверхности блока, определить их координаты.

1.3. Занести результаты измерений в таблицу 1. Перед испытанием тщательно очистить поверхность стекла от загрязнения.

Задание 2. Определить коэффициент общего пропускания (τ_L) оконного блока с тройным остеклением. Измерения рекомендуется проводить в рассеянном свете. При ясном небе либо прямом солнечном свете следует затемнять окно жалюзи.

2.1 Получить у преподавателя фотометр марки Ю-116. Установить фотодатчик вплотную к наружной поверхности оконного блока в центральной рабочей части. При помощи лабораторного затемнителя создать освещенность наружной поверхности $500 \text{ лк} \pm 5\%$. Измерить Φ_0 в контрольных точках.

2.2 Измерить световой поток (Φ_L), прошедший сквозь оконный блок, в контрольных точках. Вычислить коэффициент общего пропускания как отношение Φ_L к Φ_0 .

2.3 Провести аналогичные измерения при значениях освещенности 750 и 1000 лк $\pm 5\%$.

2.4 Результаты измерений и расчета представить в форме таблицы 1.

2.5 Вычислить коэффициент общего пропускания света фрагмента окна (τ_L), отн. ед как среднеарифметическое значение результатов испытаний.

Таблица 1

Светопропускание оконного блока с тройным остеклением

Схема оконного блока	размеры	Точка А			Точка В			Точка С		
		Φ_0	Φ_L	τ_L	Φ_0	Φ_L	τ_L	Φ_0	Φ_L	τ_L
	$d =$ $d_1 =$ $d_3 =$ $h_1 =$ $h_2 =$ А ($x_3 y_3$) В ($x_2 y_2$) С ($x_1 y_1$)									

2.6 После испытания протереть рабочие места поверхности фрагмента светопроема.

Задание 3. Определить коэффициент направленного пропускания (τ) образцов стекол.

3.1. Получить у преподавателя либо выбрать самостоятельно из коллекции декоративных стекол пять образцов. Измерить толщину. Описать образцы.

3.2. Положить горизонтально фотоприемник люксметра Ю-116 и измерить освещенность в данной точке (Φ_0). Положить на фотоприемник декоративное стекло и измерить Φ_τ . Вычислить коэффициент направленного пропускания как отношение величины светового потока (Φ_τ) лм, прошедшего сквозь декоративное стекло, к величине светового потока (Φ_0) лм, падающего на это стекло извне. Результаты представить в форме таблицы 2.

Таблица 2

Результаты измерения светопропусканий декоративных стекол

№	Описание образца стекла	Толщина, мм	Φ_0	Φ_τ	τ	Примечание

3.3. Выбрать образец декоративного стекла с крупным струйчатым рельефом. Измерить Φ_τ для разных участков поверхности этого образца. Убедиться в том, что величина прошедшего светового потока будет различная. Повторить опыт с образцом прозрачного стекла с мелкой рифленой поверхностью. Убедиться в том, что коэффициент направленного пропускания для декоративных стекол не совпадает с коэффициентом общего пропускания света.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему в светотехнике применяют два коэффициента пропускания (общего и направленного) света?
2. Дать определение светопрозрачной ограждающей конструкции. Привести примеры.
3. Перечислить требования к образцам для светотехнических испытаний.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Определение коэффициентов общего или направленного пропускания.
3. Результаты исследования в форме таблиц 1 и 2.
4. Выводы.
5. Письменные ответы на контрольные вопросы.

Лабораторная работа № 2.5

Изучение отражения и пропускания света защитно-отделочными материалами методом визуальной фотометрии

Цель работы: изучить физические основы визуальной фотометрии; освоить методику работы на шаровом фотометре марки ФШ-58; определить коэффициенты пропускания и отражения различных типов строительных стекол и защитно-отделочных материалов.

Нормативные ссылки:

СТБ ЕН 410 – 2005 Стекло в строительстве. Определение светотехнических характеристик и физических параметров пропускания солнечного излучения остеклениями.

ГОСТ 26302 – 93 Стекло. Методы определения коэффициентов направленного пропускания и отражения света.

Оборудование: Визуально-фотометрический фотометр марки ФМ-58; питающее устройство; набор приспособлений для проведения исследования как в проходящем, так и в отраженном свете; комплект защитно-отделочных материалов и строительных стекол; набор фликеров; микрометр с ценой деления 0,01 мм.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

Для любой поверхности справедлив закон сохранения светового потока, который можно выразить следующим образом:

$$\Phi_i = \Phi_\rho + \Phi_\alpha + \Phi_\tau \quad (1)$$

где Φ_i - падающий световой поток ;
 Φ_ρ - отраженный световой поток;
 Φ_α - поглощенный световой поток;
 Φ_τ - прошедший световой поток.

Явления отражения, поглощения и пропускания света характеризуют при помощи безразмерных коэффициентов ρ , α и τ

$$\rho = \frac{\Phi_\rho}{\Phi_i}; \quad \alpha = \frac{\Phi_\alpha}{\Phi_i}; \quad \tau = \frac{\Phi_\tau}{\Phi_i}; \quad (2)$$

где ρ - коэффициент отражения;
 α - коэффициент поглощения;
 τ - коэффициент пропускания.

В строительной и архитектурной практике наибольший интерес представляют явления отражения и пропускания света, так как все несветящиеся тела воспринимаются глазом человека в отраженном свете, Только благодаря различной величине коэффициентов ρ и τ мы видим предметы и различаем цвет. Известно, что при освещении белым светом окрашенные тела кажутся цветными. Краска состоит из мелких частиц, погруженных в прозрачную связывающую их массу

(например, масло) избирательно рассеивающих свет. Свойства краски определяются коэффициентами ρ и τ этих частиц и их размерами.

Величина коэффициентов отражения и пропускания внутренних поверхностей помещения в значительной степени определяет уровень освещенности в помещении. Различают несколько видов отражения света:

а) рассеянное (диффузное); примером является отражение от оштукатуренной поверхности потолка и стен или пропускание света молочным стеклом; за «**идеальный рассеиватель**» принимают поверхность, отражающую весь падающий на нее световой поток во всем диапазоне видимой области. В качестве такого «идеального рассеивателя» обычно берут баритовую пластинку ($\tau = 1$);

б) направленное; примером может быть отражение света от зеркал и полированных поверхностей металла или пропускание света через оконное стекло;

в) направленно-рассеянное; примером может служить отражение от поверхностей, окрашенных масляной краской, или пропускание света матированным стеклом.

Идеально белым телом называется такое тело, у которого коэффициент отражения ρ равен единице, во всем диапазоне видимой области.

Для поверхности, пропускающей или отражающей свет, вводится понятие светности.

Светностью (R) называется поверхностная плотность светового потока, отраженного поверхностью или прошедшего через нее. Светность измеряется в люксах (лк).

$$R_{\tau} = \frac{\Phi_{\tau}}{S}; \quad R_{\rho} = \frac{\Phi_{\rho}}{S}.$$

Между светностью поверхности, пропускающей (или отражающей) свет, и ее освещенностью существует зависимость:

$$R_{\tau} = E \cdot \tau; \quad R_{\rho} = E \cdot \rho.$$

Яркость (L) – световая величина, которая представляет собой поверхностную плотность силы света, излучаемую в заданном направлении. Единицей яркости является кд/м². Понятие яркости также связано с направлением и с освещенностью поверхности.

Для какой-либо отражающей поверхности яркость определяется как отношение силы света, излучаемой в данном направлении, к проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную тому же направлению.

$$L = \frac{I_{\theta}}{S \cdot \cos \beta}.$$

Рассматривая поверхность S под углом β с нормалью, мы увидим не поверхность S , а ее проекцию $S \cdot \cos \beta$, перпендикулярную к рассматриваемому направлению.

Определяется яркость в зависимости от силы света, которую испускает каждый элемент данной поверхности в направлении глаза наблюдателя. При этом из двух одинаковых поверхностей более яркой будет казаться та поверхность, которая излучает наибольшую силу света.

Для поверхностей, пропускающих или отражающих свет, справедливо выражение:

$$L_{\tau} = \frac{E \cdot \tau}{\pi}; \quad L_{\rho} = \frac{E \cdot \rho}{\pi},$$

где E - освещенность поверхности, лк;
 τ - коэффициент пропускания;
 ρ - коэффициент отражения.

Яркость является субъективной светотехнической характеристикой и поэтому для оценки восприятия поверхности вводится понятие коэффициента контраста:

$$k = \frac{L_{\text{фона}} - L_{\text{поверхн.}}}{L_{\text{фона}}}.$$

Во многих технических задачах необходимо знать **степень «белизны»** материала, т.е. оценить, на сколько цвет материала отличается от белого. «Белизна» материала оценивается коэффициентом яркости для белого (или желто-зеленого) света, а также отношением коэффициента яркости для красного света к коэффициенту яркости для зеленого света $\frac{R_z}{R_k}$ или отношением коэффициента

яркости в синем свете к коэффициенту яркости в зеленом свете $\frac{R_c}{R_k}$. Коэффициент яркости поверхности зависит от угла падения лучей и от направления луча зрения наблюдателя.

Почти все светорассеивающие поверхности при направленном освещении обнаруживают **блеск**, который проявляется в том, что яркость поверхности в направлении зеркального отражения оказывается больше, чем в других направлениях.

Блеск испытываемой поверхности характеризуют коэффициентом $\gamma(\alpha)$, который равен отношению коэффициентов яркости образца при углах α и 0^0 , т.е.

$$\gamma(\alpha) = \frac{R_{\alpha}}{R_0} \cdot \frac{1}{p} \quad (6)$$

где R_{α} - коэффициент яркости образца при наклоне его на угол α ;

R_0 - коэффициент яркости образца при угле 0^0 ;

p - поправка, учитывающая изменение яркости испытываемого образца, происходящее при изменении угла от 0^0 до 45^0 :

$$p = \frac{\cos(45^0 - \alpha)}{\cos 45^0}$$

Поглощением света называется уменьшение энергии световой волны, происходящее по мере проникновения ее в глубь вещества. Если свет падает параллельным пучком нормально к поглощающему веществу, то зависимость между интенсивностью падающего потока излучения Φ_i и интенсивностью Φ_{α} прошедшего слой толщины d выражается законом Бугера-Ламберта:

$$\Phi_{\alpha} = \Phi_i e^{-\alpha d},$$

где α - коэффициент поглощения вещества, зависящий от длины волны света, химической природы и состояния вещества. Данная зависимость справедлива только для монохроматической плоской волны.

Для различных веществ численное значение коэффициента поглощения α различно и колеблется в широких пределах. В качестве примера приводим коэффициенты поглощения видимых лучей, которые определяются величинами порядка 0,01-0,03 см⁻¹ для стекла различных марок, 10⁻³ см⁻¹ для воды и 2·10⁻⁵-4·10⁻⁵ см⁻¹ для воздуха в зависимости от его влажности.

Оптическая схема и принцип работы визуального фотометра

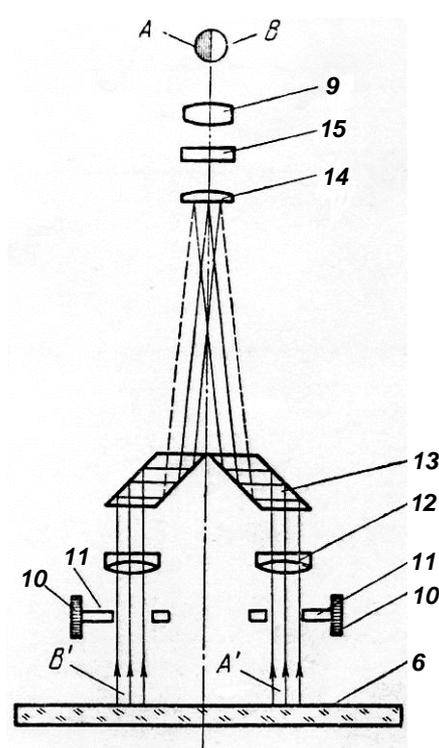
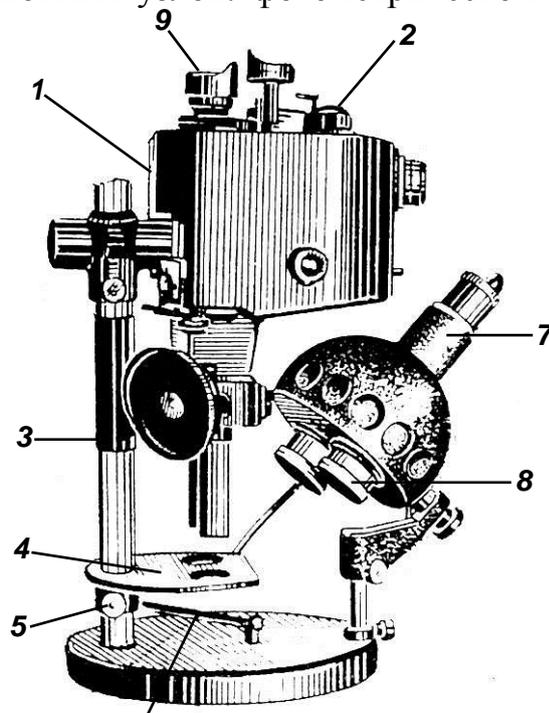
Фотометр ФМ-58 состоит из следующих основных узлов: фотометрической головки 1, в которой находятся оптические детали; револьверного диска с одиннадцатью светофильтрами 2, номера которых выгравированы на крышке фотометра; штатива 3; предметного столика 4, который может перемещаться при помощи кремальеры 5; плоского зеркала 6, осветителя 7 с двумя конденсорами 8. В верхней части фотометрической головки находится окуляр 9. К прибору прилагается блок питания (понижающий трансформатор 220/8 В и ряд приспособлений).

Все детали смонтированы на массивном круглом основании.

В основу устройства прибора положен принцип уравнивания двух световых потоков путем изменения одного из них с помощью диафрагмы с переменным отверстием.

Два параллельных световых пучка A' и B' , выходящие из осветителя 7, отразившись от зеркала 6, попадают в прибор через две диафрагмы 10, степень раскрытия которых регулируется поворотом барабана 11. Далее световые пучки A' и B' объединяются с помощью объективов 12 и ромбических призм 13 и попадают на бипризму 14, которая сводит два пучка к оси окуляра 9, причем часть правого пучка, попадая на левую половину бипризмы, создает яркость левой половины поля зрения, а другая часть его, попадающая на правую половину бипризмы, отклоняется в сторону и поглощается внутри прибора. Левый пучок проходит симметрично.

Из бипризмы лучи проходят через один из одиннадцати светофильтров 15, помещенных в револьверном диске 2, и попадают в окуляр 9, а из окуляра через наглазник в глаз наблюдателя.



№ светофильтра	λ , нм	Цвет светофильтра	№ светофильтра	λ , нм	Цвет светофильтра
1	432	темно-фиолетовый	7	96	синий
2	465	фиолетовый	8	19	светло-зеленый
3	533	темно-зеленый	9	65	желтоватый
4	574	зеленый	10		темный
5	-	белый	11		темный
6	726	красный	12		бесцветный

Фильтр пропускает излучение определенной эффективной длины волны ($\lambda_{эфф}$). Область пропускания фильтров от №1 до №8 сравнительно узка; эти восемь фильтров делят видимую область спектра примерно на равные участки шириной в 40 нм каждый. Три светофильтра №9, 10, 11 обладают более широкой областью пропускания; они делят видимую область спектра на три части: красную, зеленую и синюю.

В окуляре, служащим для наблюдения поля зрения, должна быть видна резкая линия раздела полей сравнения. Во время фотометрирования глаз наблюдателя должен быть прижат к наглазнику окуляра и по возможности всегда принимать при измерениях одно и то же положение. Для наблюдения поля близоруким наблюдателям над окуляром помещено очковое стекло.

Наблюдатель видит поле зрения в форме круга А и В, разделенного линией на две половины, имеющие в общем случае различную яркость. Яркость правой части поля определяется световым потоком, проходящим через левую диафрагму, а левой – через правую.

Когда обе диафрагмы 10 одинаково освещены и в одинаковой мере раскрыты, то яркость обеих половин поля зрения будет одинакова. Если при равенстве яркостей обеих половин поля зрения на пути одного светового потока, например А', поместить пластину из какого-либо вещества, поглощающего или отражающего свет, то фотометрическое равенство нарушится, так как поле А станет менее ярким. Чтобы уравнивать поля, необходимо уменьшить яркость поля В, что осуществляется изменением отверстия диафрагмы, через которую проходит световой поток В'.

На измерительных барабанах 11 нанесены две шкалы - черная и красная. Черная шкала показывает в процентах отношение площади отверстия диафрагмы S при данном ее раскрытии к площади S₀ при ее максимальном раскрытии. Так как световой поток равномерного пучка света, проходящего через диафрагму, пропорционален площади ее раскрытия, то отношение площадей отверстий диафрагмы дает отношение световых потоков А' и В'. Следовательно, показания черной шкалы барабана дают непосредственно коэффициент пропускания t или отражения r для данного образца в процентах, т.е. отношение светового потока, прошедшего через данный образец или отраженного от данного образца к световому потоку, падающему на него.

Красная шкала на барабане 11 соответствует оптической плотности образца D. Для удобства измерения шкалы барабанов снабжены лупами. Визирные индексы, с помощью которых производится отсчет, помещены под барабанами.

Экспериментальная часть

Задание 1. Привести фотометр в рабочее положение:

1.1. включить через трансформатор понижающий 220/8 В лампу осветителя;

1.2. осветитель установить так, чтобы световые пучки, направляемые зеркалом снизу, давали бы одинаковую освещенность отверстий фотометра (при этом оба барабана должны стоять на 100, что соответствует одинаковой степени раскрытия диафрагм);

1.3. ввести зеленый светофильтр под номером 4, поворачивая револьверный диск 2, который расположен в верхней части прибора.

Для создания равномерно светящегося фона наблюдений в пазы оправ конденсоров вставить матовые рассеиватели. После этого светофильтр выключают.

1.4. Правый барабан оставить на делении 100 (по черной шкале), что соответствует плотности потока энергии падающего света $I_0=100$, а левым барабаном уравнивать поля фотометра по яркости. Такое уравнивание произвести 3-5 раз и вычислить среднее положение фотометрического равновесия для левого барабана. Установить левый барабан в это положение и больше не трогать.

Задание 2. Измерить толщину d исследуемого образца из прозрачного материала. Измерения провести в нескольких точках и взять среднее значение. Определить погрешность измерения.

Задание 3. Измерить коэффициенты поглощения света декоративным и оконным стеклом и представить результаты измерений графически, построив зависимость коэффициента поглощения k и номера светофильтра (длины волны λ). Для определения k используем светофильтры от №1 до №8 (по выбору из коллекции не менее 5 образцов).

3.1. Исследуемый образец поместить на предметный столик под левой диафрагмой, при этом правая половина поля зрения темнеет. Вращая правый измерительный барабан, добиться равенства яркостей обеих половин зрения и взять отсчет $D = \lg \frac{I}{I_0} = \lg \frac{1}{t}$ прямо по красной шкале правого барабана. Установку на равенство провести 3-5 раз и из полученных отсчетов взять среднее арифметическое.

3.2. Так как яркость полей освещения определяется величиной световых потоков, то можно считать, что значение коэффициента пропускания t равно отношению плотностей потока энергии $\frac{I}{I_0}$.

3.3. По формуле (2) вычислить коэффициент поглощения k исследуемого образца в белом свете.

3.4. Измерить коэффициент поглощения цветных образцов для различных длин волн. Для этого каждый из исследуемых образцов поместить на столик под левой диафрагмой; каждый раз при включении нового светофильтра провести установку фотометра на фотометрическое равновесие; включить последовательно светофильтры от №1 до №8, поворачивая диск 2, и для каждого светофильтра сделать отсчеты оптической плотности D образца (по красной шкале).

Задание 4. Вычислить значения коэффициентов поглощения k .

Результаты измерений и вычислений занести в таблицы 1 и 2.

Таблица 1

Результаты измерения коэффициентов поглощения в белом свете

№	Название образца	d	D	k
1 №12	Бесцветный			
	Среднее значение			
2	Цветной образец: Красный			
	Синий			
	Зеленый			

Таблица 2

Результаты измерения коэффициентов поглощения в монохроматическом свете

№ фильтра	Красный образец		Синий образец		Зеленый образец	
	D	k	D	k	D	k
1 : 11						

Задание 5. Измерить коэффициент отражения света. Светофильтры №9, 10, 11 включают только при определении коэффициента отражения r .

При определении коэффициентов отражения плоское зеркало 6 (рис. 2) прибора заменяется специальным столиком с держателями А и В для исследуемых образцов.

5.1. Включить лампу осветителя через блок питания.

5.2. Поместить на столик прибора в держатели А и В две эталонные баритовые пластинки и осветитель установить так, чтобы обе пластинки были равномерно освещены (оба барабана 11 должны стоять на 100 по черной шкале).

5.3. Произвести фокусировку окуляра на линию раздела обоих полей (А и В).

5.4. Левый барабан оставить на делении 100 (по черной шкале), что соответствует значению интенсивности падающего света $I_0=100$, а правым барабаном провести уравнивание полей фотометра по яркости. Такое уравнивание провести 3-5 раз и вычислить среднее положение фотометрического равновесия. Установить правый барабан в это положение и больше не трогать.

5.5. Заменить эталонную пластинку в правом держателе А исследуемым образцом, при этом левая половина поля зрения темнеет. Вращая левый измерительный барабан, добиться равенства яркостей обеих половин поля зрения и взять отсчет по черной шкале левого барабана. Этот отсчет дает значение коэффициента отражения образца r для белого света.

5.6. Поворачивая револьверный диск 2, включить поочередно светофильтры №5, 6, 7, 8, 9, 10, 11. Для каждого светофильтра провести уравнивание полей зрения

фотометра А и В по яркости и каждый раз записывать показания левого барабана - значение коэффициента отражения γ для данного образца при данном светофильтре.

Задание 6. Измерить блеск синтетических материалов.

6.1. На основании штатива установить вместо плоского зеркала приспособление для измерения блеска. При этом отсчетный лимб приспособления должен находиться слева от наблюдателя. Из конденсоров осветителя удалить матовые рассеиватели.

6.2. Круглый держатель с испытуемым образцом укрепить на поворотном столике с правой стороны приспособления для измерения блеска. С левой стороны приспособления на квадратном держателе с хвостовиком разместить баритовую пластинку.

6.3. Правый барабан установить на отсчет 100 по черной шкале. Вращая левый барабан, добиться фотометрического равновесия. Это положение барабана при дальнейших измерениях не должно сбиваться.

6.4. Столик вместе с образцом повернуть на 5° в сторону осветителя. Яркость поля, образованного правым световым потоком, при этом увеличится. Для восстановления фотометрического равновесия вращать правый барабан, уменьшая площадь правой диафрагмы. По черной шкале определяют отсчет $m(5^\circ)$, соответствующий среднему значению фотометрического равновесия.

6.5. Образец наклонить на угол 10° в сторону осветителя и определить отсчет $m(10^\circ)$ как среднее из нескольких отсчетов и т.д.

6.6. Блеск испытуемой поверхности вычислить по формуле (7).

6.7. По результатам измерений построить график зависимости числа γ от угла α при изменении угла от 0 до 45° .

Задание 7. Определить коэффициент яркости синтетических материалов.

7.1. На поворотном столике в гнезда вставить квадратные держатели со штырьками. Поворотный столик установить в горизонтальное положение (отсчет 0 по лимбу, находящемуся на барабане с левой стороны приспособления для измерения блеска). Коэффициент яркости на фотометре измеряется в направлении нормали к образцу при освещении под углом 45° . На держатели под правым и левым объективами установить баритовые пластинки.

7.2. На держателе под правым объективом заменить баритовую пластинку исследуемым образцом. Правый барабан установить на деление, равное коэффициенту яркости баритовой пластинки. Поворотом левого барабана добиться фотометрического равновесия.

7.3. На место измеряемого образца установить баритовую пластинку с тем же коэффициентом яркости, что и первая, и вращением правого измерительного барабана восстановить нарушенное фотометрическое равновесие. Полученные на правом барабане по черной шкале отсчеты равны коэффициенту яркости измеряемого образца.

7.4. Зная коэффициент отражения баритовой пластинки $\gamma_n = 92\%$, по формуле (5) вычислить коэффициент отражения образца. Повторить измерения и расчет для другого образца из коллекции защитно-отделочных строительных материалов.

Задание 8. Измерить белизну отделочных материалов. Степень белизны материала можно условно определить по коэффициентам яркости для трех длин волн. Измерения выполнить для трех светофильтров: красного, синего и зеленого (№ 6, 7, 8). В качестве образцов взять образцы обоев различного цвета и структуры.

8.1. Поместить на приспособлении для блеска под правым объективом исследуемый образец, под левым объективом - баритовую пластинку.

8.2. С помощью рукоятки ввести в ход лучей светофильтр № 6 и определить коэффициент яркости образца для красного света методом, описанным в упражнении 7.

8.3. В ход лучей ввести светофильтры № 7 и 8 и найти коэффициенты яркости R_c и R_z для синего и зеленого света. Отношение R_z / R_K и R_c / R_K определяют белизну данного материала. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу:

Таблица 3.

Результаты измерения и расчета белизны отделочных материалов

№	образец	светофильтр	R	R_b / R_K	R_c / R_K
1	красный синий зеленый	R_K R_c R_z			
2					

Содержание отчета

1. Основные понятия фотометрии: отражение света, поглощение света, коэффициент отражения, коэффициентам поглощения, коэффициент яркости, идеально белое тело, «белизна» материала.
2. Таблицы с результатами экспериментов.
3. Выводы.
4. Письменные ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Дать определение коэффициентам отражения, поглощения и пропускания. Привести примеры строительных материалов с высоким значением этих коэффициентов.
2. Дать определение яркости и коэффициенту яркости. Назовите модель «идеального рассеивателя».
3. Перечислите возможности оптической фотометрии. Поясните принцип работы фотометра МФ-58.

Лабораторная работа № 2.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЕО В РЕАЛЬНОМ ПОМЕЩЕНИИ С ПОМОЩЬЮ НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

Цель работы: определение КЕО в различных точках помещения; оценка освещения помещения путем сопоставления фактических значений КЕО с нормируемыми; сравнение полученных в результате натуральных измерений значений КЕО с теоретическими и анализ сходимости и причин возможных расхождений.

Нормативные ссылки:

СНБ 2.04.05 – 98 Естественное и искусственное освещение

ГОСТ 24940 Методы измерения освещенности

Оборудование: люксметр марки Ю-116, металлическая рулетка длиной 3 м с ценой деления 1 мм, устройство для зашторивания окон.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Проектирование систем естественного освещения сводится, в основном, к выбору типа, формы и размеров светопроемов, а также их размещения в стенах и в покрытии. При боковом освещении жилых и общественных зданий форма и размеры светопроемов в значительной степени зависят от архитектурного решения здания. Здесь очень важно соблюдать баланс между архитектурно-художественными требованиями архитектора и требованиями рациональности, экономичности, требованиями обеспечения нормированных значений КЕО и энергоэффективности здания с учетом затрат энергии на электрическое освещение, на восполнение теплопотерь через светопроемы зимой и ликвидацию теплопоступлений через светопроемы летом с помощью вентиляции и кондиционирования воздуха.

Очень важным моментом при проектировании естественного освещения зданий является выбор системы естественного освещения. Наиболее традиционной системой естественного освещения в гражданских и промышленных зданиях являются окна. Они могут быть различных размеров и формы, штучные или ленточные, не имеющие простенков. От формы окон расположения их в стене зависит распределение КЕО в помещении. При проектировании окон следует иметь в виду, что высота подоконника меньше влияет на величину КЕО в глубине помещения, чем высота верха окна над расчетной точкой. В то же время, высокое расположение окна в стене препятствует визуальному контакту с внешней средой. Поэтому во многих промышленных зданиях, а также в гражданских зданиях повышенной этажности целесообразно устраивать небольшие окна в нижних частях стен. Основная же часть остекления может располагаться в верхней части стены. Она может быть выполнена из материалов, рассеивающих свет, что обеспечивает защиту от солнца.

Основная часть светового потока приходит в расчетную точку от прямого света неба. Эта часть определяется составляющей КЕО. При наличии противостоящих зданий другая часть светового потока, приходящего в точку,

является отраженной от этих зданий. Она определяется составляющей E_n . Часть света отражается от подстилающей поверхности земли. В некоторых случаях вместо земли это может быть галерея, балкон или лоджия. Она попадает на потолок и верхнюю часть стен помещения. Оттуда эта часть естественного света отражается в расчетную точку и образует составляющую КЕО E_p . Весь световой поток, падающий на поверхность окна, проходит внутрь помещения с некоторым ослаблением, обусловленным светопропусканием остекления, затеняющим действием переплетов, балконов, лоджий, солнцезащитных устройств (если они существуют). Для фонарей систем естественного света падающий световой поток ослабляется также затеняющим действием несущих конструкций покрытия (ферм, балок). Кроме того, падающий световой поток ослабляется загрязнением остекления, зависящим не только от загрязненности окружающего и внутреннего воздуха, но и от угла наклона остекления к вертикали. Прошедший световой поток попадает на пол, нижнюю часть стен, отражается от них на потолок, верхнюю часть стен и оттуда — на рабочую поверхность. Эта часть светового потока образует внутреннюю отраженную составляющую КЕО, которая при светлой отделке помещения может значительно увеличить суммарную величину КЕО:

$$E = E_p + E_{зд} + E_n + E_v$$

Совокупность ресурсов природной световой энергии, характерная для того или иного района, получила название *светового климата* данного района.

Основные компоненты естественной освещенности на открытой местности - прямой солнечный свет E_c , рассеянный (диффузный) свет неба E_n и отраженный от земли свет E_3 .

Суммарная (общая) освещенность E_0 в ясный день при полностью открытом горизонте

$$E_0 = E_c + E_n + E_3$$

Световая солнечная постоянная E_e представляет собой освещенность плоскости, расположенной перпендикулярно солнечным лучам и удаленной от Солнца на расстояние, равное астрономической единице. Приближенное значение солнечной световой постоянной на границе атмосферы составляет 135000 - 137000 лк. Соответствующая этой освещенности средняя яркость Солнца $L_c = 2 \cdot 10$ кд/м.

Критической наружной освещенностью $E_{кр}$ называется освещенность, наблюдаемая в моменты выключения (утром) и включения (вечером) искусственного освещения в помещении; она вычисляется по формуле:

$$E_{кр} = E_u / e$$

где e - нормированное значение КЕО;

E_u - освещенность при искусственном освещении помещения (см. СНиП Н-4-79).

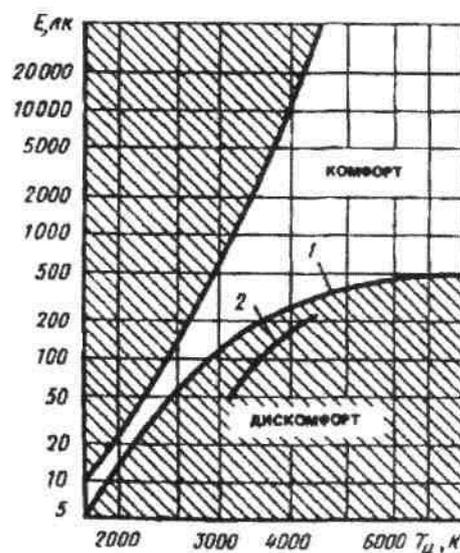
Существенную роль при решении таких архитектурных задач, как выбор объемной композиции, пластики фасадов, ритма членений, а также фактуры отделочных материалов, играет контрастность освещения, которая учитывается в ее динамике в течение дня и сезонов года.

В общем случае контрастность освещения выражается отношением:

$$K_0 = \frac{E_c}{E_n + E_3} = \frac{\text{суммарная освещенность}}{\text{освещенность от неба} + \text{освещенность от земли}}$$

Контрастность естественного освещения изменяется в разных районах в зависимости от высоты стояния Солнца, характера облачности и состояния подстилающего слоя земли. Характеристикой контрастности освещения может служить отношение абсолютных величин освещенности, наблюдаемых при солнечном и диффузном освещении.

Удачное взаимодействие света и цвета приводит к ощущению комфортности окружающей среды. Это явление известно как *эффект Крюйтгоффа* - явление восприятия, обуславливающее зону комфортных сочетаний уровней освещенности и цветности излучений. Дискомфортны условия, при которых в осветительных установках применяются либо лампы «холодного» света, создающие низкие значения освещенности, что вызывает неприятное ощущение «сумеречности, пасмурности», либо лампы «теплого» света, используемые в помещениях с очень высоким уровнем освещенности, что приводит к ощущению неестественной оживленности и болезненного возбуждения.



Голландский ученый А. Крюйтгофф построил графики, характеризующие зону благоприятных сочетаний уровней освещенности - от 0,5 до 50000 лк - и цветовой температуры - от 1800 до 10000 К_л. На основании его исследований можно сделать следующие выводы: если в двух одинаковых помещениях имеются одинаковые уровни освещенности, например 200 лк, и в одном из них освещение производится лампами накаливания ($T_{цв} = 2854$ К), а в другом - люминесцентными лампами дневного света ($T_{цв} = 6500$ К), то в последнем не может быть создано ощущение комфортного освещения.

Критерием оценки переменного естественного освещения служит коэффициент естественной освещенности (КЕО), который представляет собой отношение естественной освещенности E_m , создаваемой в точке М на заданной поверхности внутри помещения светом неба к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности под открытым небом E_n . Участие прямого солнечного света в определении E_m и E_n исключается.

При оценке качественной стороны освещения применяются следующие понятия:

- ✓ *прямая блескость*, проявляющаяся при наличии светящихся поверхностей (окон, светильников и др.) в направлениях, близких к направлению зрения;
- ✓ *периферическая блескость* от светящихся поверхностей в направлениях, не совпадающих с направлением зрения;
- ✓ *отраженная блескость*, вызванная наличием в поле зрения зеркальных отражений от светящихся источников и поверхностей.

Различают два вида блескости: а) *дискомфортную*, связанную с неприятным ощущением, но не всегда ухудшающую видимость; б) *слепящую*, сопровождающуюся резким нарушением видимости.

Нормы промышленного освещения составлены с учетом дифференциации зрительных работ и предусматривают нормирование освещенности при общей и

комбинированной системах освещения. Согласно СНиП И-4-79 и 23-05-95 все виды работ разбиты на разряды исходя из размеров объектов различения и расстояния от глаза до объекта, равного 0,5 м, и на подразряды с учетом контраста объекта с фоном и светлоты объекта.

По условиям зрительной работы помещения общественных зданий принято классифицировать на 4 группы. К помещениям I группы относятся рабочие помещения с напряженной зрительной работой и фиксированной линией зрения. Это административно-конторские помещения, классы, читальные залы, проектные и конструкторские бюро и другие. Помещения, в которых зрительная задача состоит в различении объекта и обзоре окружающего пространства, относятся ко II группе (торговые залы магазинов, музеи и ставки, конференц-залы и залы заседаний, спортзалы и т.д.). Помещения, преобладают архитектурно-художественные требования к световой среде, восприятию пластики, цвета, где обзор окружающего пространства - основная зрительная задача, относятся к III группе. Это зрительные залы, фойе, станции метрополитена, зимние сады, рекреации и т.п. Значительные площади в современных зданиях занимают коридоры, лестничные клетки и другие вспомогательные помещения, относящиеся к помещениям IV группы.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Задание 1. Определить КЕО в различных точках помещения. Измерения произвести дважды, причем во второй раз в обратной последовательности. Оценить освещение помещения путем сопоставления фактических значений КЕО с нормативными.

1.1. В масштабе вычертить план и два разреза помещения, в которых проводится исследование освещенности. На линии пересечения характерного разреза и плоскости условной рабочей поверхности выбрать не менее пяти точек. В плане они должны располагаться равномерно по глубине помещения. Первая точка - на расстоянии 1 м от наружной стены, последняя - на расстоянии 1,2 м от стены, наиболее удаленной от светопроема. Расстояние между промежуточными расчетными точками зависит от размеров помещения и может составлять от 0,5 до 1 м.

1.2. В выбранных точках характерного разреза произвести замеры освещенности и результаты внести в таблицу. Для каждого исследуемого помещения заполняется отдельная таблица.

Результаты измерения освещённости и расчета КЕО

<i>№ точки</i>	<i>E_м, лк</i>	<i>E_н, лк</i>	<i>e_н, %</i>	<i>E_{норм}, лк</i>	<i>E_{кр}, лк</i>

1.3. Для каждой точки рассчитать КЕО. Значение КЕО, обозначаемого в формулах как *e*, находится из выражения:

$$e_n = \frac{E_m}{E_n} 100\%$$

Величину наружной освещенности найти по графикам 1,2 для ясного или пасмурного неба (см. приложение). Результаты расчетов внести в таблицу.

1.4. Рассчитать по формуле критическую наружную освещённость:

$$e_n = \frac{E_{норм}}{e_n} 100\%$$

Результат расчетов внести в таблицу.

Задание 2. Оценить освещение помещения путем сопоставления фактических значений КЕО с нормативными.

2.1. По значениям критической освещенности определить время использования естественного света в исследуемых точках в солнечный и облачный дни (см. приложение, графики 1 и 2).

2.2. На разрезах построить кривые распределения действительных и нормативных значений КЕО.

2.3. Сделать вывод о соответствии нормативным и реальным условий освещенности. Принять цветовую температуру $T_c = 4000\text{K}$ и оценить ощущение цветосветового комфорта помещения по графику Крюйтгоффа.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Основная характеристика естественной освещенности помещений.
2. Таблица с результатами измерений и расчетов.
3. Вывод.
4. Письменные ответы на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Физический смысл КЕО и принцип его нормирования экспериментальным путем.
2. Как выбираются расчетные точки в помещении? Что называют условной рабочей поверхностью?
3. Что определяет общий коэффициент светопропускания и как он влияет на степень освещенности в помещении?
4. Что такое наружная освещенность? Какие факторы влияют на ее величину?
5. Перечислите способы освещения помещения и дайте определение каждому из них. Назовите три основных компонента дневной освещенности.
6. Оцените цветосветовой комфорт в помещении.

График 1. Суммарная наружная освещенность E_H^{Σ} для условий г. Минска в зависимости от месяца года при ясном небе, клк.

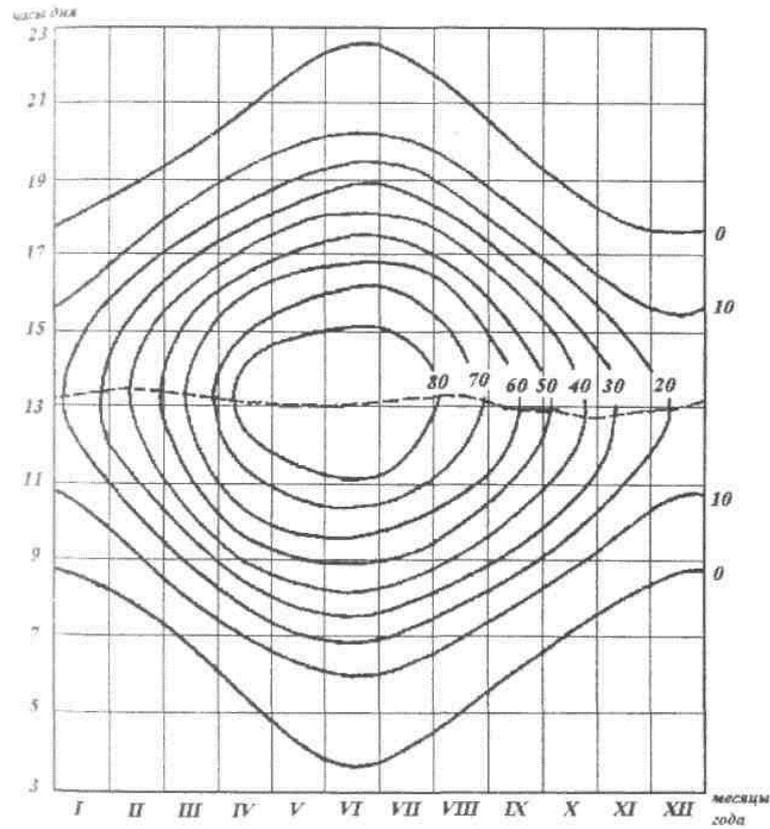
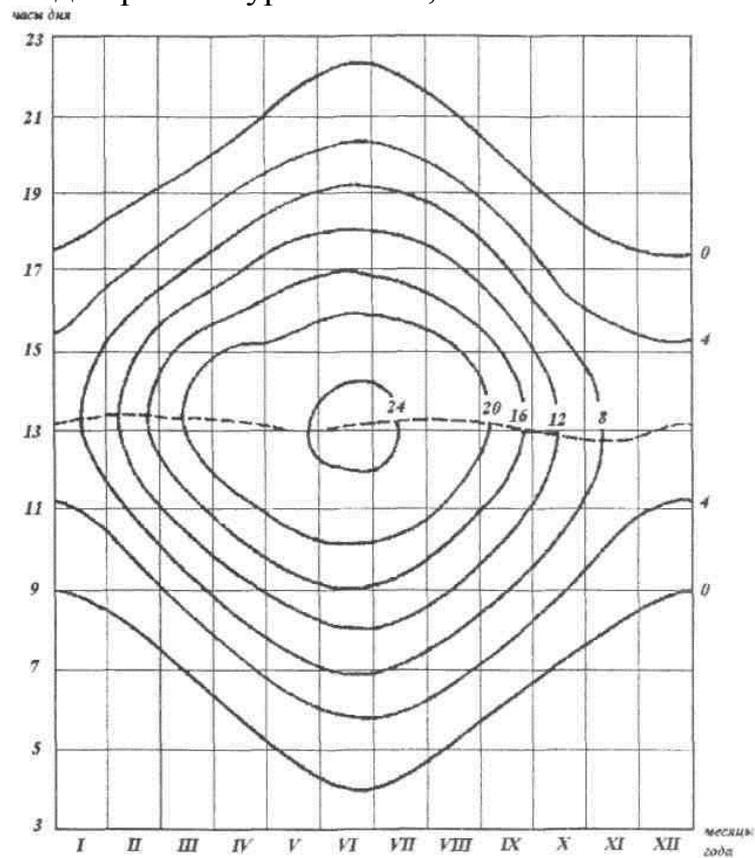


График 2. Суммарная наружная освещенность E_H^{Σ} для условий г. Минска в зависимости от месяца года при пасмурном небе, клк.



Лабораторная работа № 3.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСА ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНОГО (УДАРНОГО) ШУМА ВНУТРЕННИМИ ОГРАЖДАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ

Цель работы: определение частотной характеристики и индекса изоляции воздушного (ударного) шума по расчетной кривой, анализ полученных результатов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

Существует своеобразный и очень опасный для здоровья человека вид загрязнения среды обитания - шумовое загрязнение. Сильный продолжительный и особенно постоянный шум - скрытый и опасный враг человека и многих живых существ.

Звукоизоляция связана с общей способностью строительной конструкции не пропускать звук из одного помещения в другое.

Шум - под этим термином подразумеваются нежелательные звуки.

К шуму относятся:

- звуки, доносящиеся снаружи, например, шум от автомобилей, поездов;
- звуковой фон, создаваемый работой систем вентиляции, освещения, электрического и электронного оборудования;
- звуки, производимые людьми, находящимися в помещении, например, скрип стульев, кашель, разговор и т.д.

Звук - физическое явление, вызванное колебательными движениями частиц. Звуковые колебания имеют определенную амплитуду и частоту. Так, человек способен слышать звуки, различающиеся по амплитуде в десятки миллионов раз. Для измерения громкости используется так называемая шкала "А" с единицами измерения - децибелами (дБ). Порог слышимости определен в 0 дБ. Шум леса - 10-24 дБ, приготовление пищи на плите - 35-42 дБ, перемещение лифта 34-42 дБ, разговор (спокойный) - 65 дБ, детский плач - 78 дБ, музыкальный центр - 85 дБ, интенсивное уличное движение 78-92 дБ.

В соответствии с санитарными нормами уровень шума около зданий в дневное время не должен превышать 55 дБА, а ночью (с 23 до 7 ч утра) — 45 дБА, в квартирах — соответственно 40 и 30 дБА.

Человеческий организм по-разному реагирует на шум разного уровня. В диапазоне 35-60 дБ реакция индивидуальная (может мешать или нет). Шумы уровня 70-90 дБ при длительном воздействии приводят к заболеванию нервной системы, а более 100 дБ - к снижению слуха, вплоть до глухоты.

Различают три вида шума по характеру его распространения в помещении: воздушный, структурный, ударный. **Воздушный** - это шум, непосредственно излученный в воздух, когда источник шума не связан с ограждающими конструкциями механической связью. Это, например, разговор, работающий теле- или радиоприемник.

Структурный источник шума создается от механического воздействия и слышен даже на значительном удалении от источника. Например, ходьба по полу передается стене, а ее колебания слышны в соседнем помещении. Или когда в

зданиях создается вибрация, вызванная работой насосов, лифтов, вентиляторов, ручного электроинструмента.

Самый неприятный - **ударный** шум. Он создается от непосредственного контакта предмета о предмет (например, удары в стену, стук по трубе центрального отопления). Он обычно распространяется на большие расстояния.

Конечно, когда хочется тишины и покоя, совершенно все равно, какого вида шум. Наша задача - избавиться от него. Действовать здесь можно двумя способами: снизить уровень шума источника (когда это возможно) или установить преграду на пути звука.

Методика определения индекса изоляции воздушного шума

К акустически однородным относятся конструкции (в том числе с небольшими пустотами и часто расположенными ребрами), а также конструкции, состоящие из двух или более слоев из твердых материалов (бетона, кирпичной кладки, дерева) жестко связанных между собой по всей площади конструкции.

Проектирование звукоизоляции конструкциями зданий и сооружений осуществляется для обеспечения акустического комфорта (отсутствие мешающего действия шума) в помещениях зданий и сооружений.

Для оценки звукоизолирующей способности конструкций измеренное или рассчитанное значение звукоизоляции сравнивают с нормативными требованиями.

Нормативные требования к звукоизоляции конструкциями предъявляются в третьоктавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150 Гц.

Нормируемыми параметрами звукоизоляции являются:

а) нормативный индекс изоляции воздушного шума конструкции $R_w^{норм}$, дБ;

б) нормативный индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием $L_{nw}^{норм}$, дБ.

Индекс звукоизоляции – способность ограждающей конструкции уменьшать проходящий через нее звук.

Индекс изоляции воздушного шума конструкции R_w , дБ, определяют методом сравнения измеренной по ГОСТ 27296 (или рассчитанной) частотной характеристики звукоизоляции с нормативной кривой

$$R_w = 52 \pm \Delta,$$

где R_w - индекс, определенный по измеренным (или рассчитанным) частотным характеристикам, дБ;

52 - ордината нормативной кривой на частоте 500 Гц, дБ;

Δ - величина, на которую смещена нормативная кривая, дБ.

За величину индекса изоляции воздушного шума принимают ординату нормативной кривой на частоте 500 Гц, смещенной на (Δ), дБ.

Величину (Δ), дБ, определяют путем смещения нормативной кривой параллельно самой себе на целое число децибел в направлении измеренной или рассчитанной кривой звукоизоляции до тех пор, пока среднее неблагоприятное отклонение измеренной или рассчитанной кривой звукоизоляции от смещенной нормативной кривой не будет максимально близко, но не более 2 дБ. Неблагоприятны отклонения вниз от нормативной кривой. Среднее

неблагоприятное отклонение кривой равно 1/16 суммы всех неблагоприятных отклонений.

Величина $\Delta = 0$, когда среднее неблагоприятное отклонение приближается, но не превышает 2 дБ, а максимальное неблагоприятное отклонение не превышает 8 дБ.

Величина (Δ), дБ, отрицательна и равна величине смещенной нормативной кривой, когда среднее неблагоприятное отклонение превышает 2 дБ, или максимальное неблагоприятное отклонение превышает 8 дБ. Нормативная кривая смещается вниз на целое число децибел до тех пор, пока средняя величина неблагоприятных отклонений не будет максимально близка, но не более 2 дБ.

Величина (Δ), дБ, положительна и равна величине смещенной нормативной кривой, когда среднее неблагоприятное отклонение значительно меньше 2 дБ или неблагоприятные отклонения отсутствуют. Нормативная кривая смещается вверх на целое число децибел до тех пор, пока средняя величина неблагоприятных отклонений не будет максимально близка, но не более 2 дБ, а максимальное неблагоприятное отклонение не будет превышать 8 дБ.

Индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием L_{nw} , дБ, определяют методом сравнения измеренной по ГОСТ 27296 (или рассчитанной) частотной характеристики приведенного уровня ударного шума с нормативной кривой

$$L_{nw} = 60 - \Delta,$$

где L_{nw} - индекс, определенный по измеренным (или рассчитанным) частотным характеристикам приведенного уровня ударного шума, дБ;

60 - ордината нормативной кривой на частоте 500 Гц, дБ;

Δ - величина, на которую смещена нормативная кривая, дБ.

За величину индекса приведенного уровня ударного шума принимают ординату нормативной кривой на частоте 500 Гц, смещенной на (Δ), дБ.

Величину (Δ), дБ, определяют путем смещения нормативной кривой параллельно самой себе на целое число децибел в сторону измеренной или рассчитанной кривой приведенного уровня ударного шума до тех пор, пока среднее неблагоприятное отклонение измеренной или рассчитанной кривой приведенного уровня ударного шума от смещенной нормативной кривой не будет максимально близко, но не более 2 дБ. Неблагоприятны отклонения выше нормативной кривой. Среднее неблагоприятное отклонение равно 1/16 суммы всех неблагоприятных отклонений.

Величина $\Delta = 0$, когда среднее неблагоприятное отклонение приближается, но не превышает 2 дБ, а максимальное неблагоприятное отклонение не превышает 8 дБ.

Величина (Δ), дБ, отрицательна и равна величине смещенной нормативной кривой, когда среднее неблагоприятное отклонение превышает 2 дБ или максимальное неблагоприятное отклонение превышает 8 дБ. Нормативная кривая смещается вверх на целое число децибел до тех пор, пока средняя величина неблагоприятных отклонений не будет максимально близка 2 дБ, но не более последней.

Величина (Δ), дБ, положительна и равна величине смещенной нормативной кривой, когда среднее неблагоприятное отклонение значительно меньше 2 дБ или

неблагоприятные отклонения отсутствуют. Нормативная кривая смещается вниз на целое число децибел до тех пор, пока средняя величина неблагоприятных отклонений не будет максимально близка 2 дБ, но не более последней, а максимальное неблагоприятное отклонение не будет превышать 8 дБ.

Конструкция соответствует нормативным требованиям, если ее индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ, не меньше, а индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} , дБ, не больше соответствующих нормативных индексов, определяемых по таблице 4.1(СНиП II-12-77).

Частотную характеристику фактической звукоизоляции акустически однородной однослойной конструкции в соответствии с требованиями СНиП II-12 строят в следующей последовательности:

1) строят прямоугольную систему координат. По оси абсцисс откладывают через равные отрезки значения среднегеометрических частот третьоктавных полос (f) Гц, в диапазоне 100-3150 Гц. По оси ординат откладывают значения фактической звукоизоляции (R'), дБ;

2) определяют абсциссу точки В (f_B), Гц, по графику приложения 1 (а) в зависимости от толщины конструкции (h), м, а ее ординату (R_B), дБ, - по графику приложения 1 (б) в зависимости от поверхностной плотности конструкции $m_n = \rho \cdot h$, кг/м², где ρ - плотность конструкции, кг/м³, h - толщина конструкции, м;

3) из точки В проводят влево горизонтальный отрезок ВА до пересечения с осью ординат и вправо вверх - отрезок ВС с наклоном 7,5 дБ на октаву до точки С с ординатой $R_C = 60$ дБ;

4) из точки С вправо проводят горизонтальный отрезок CD.

При ориентировочных расчетах индекс изоляции воздушного шума акустически однородных конструкций определяют по формуле:

$$R_w = 20 \lg m_э - 12$$

где $m_э$ - эквивалентная поверхностная площадь, кг/м², определяемая по формуле

$$m_э = m_n \cdot k_э$$

$k_э$ - коэффициент звукоизоляционной эффективности конструкции (для плит сплошного сечения из бетона с плотностью $\rho \geq 2200$ кг/м³ $k_э = 1$)

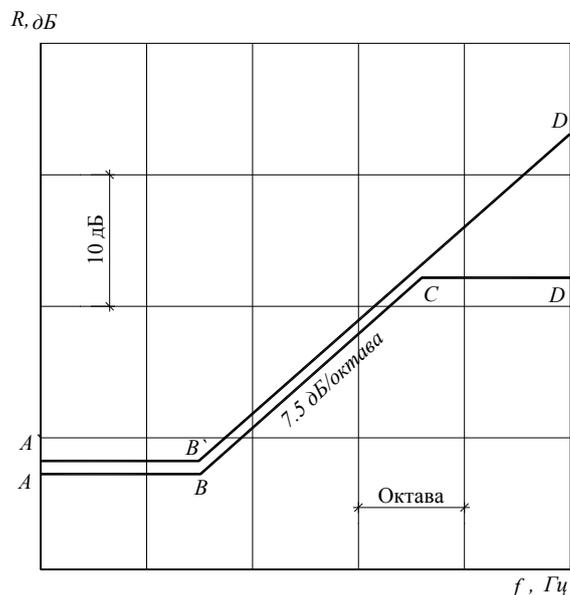
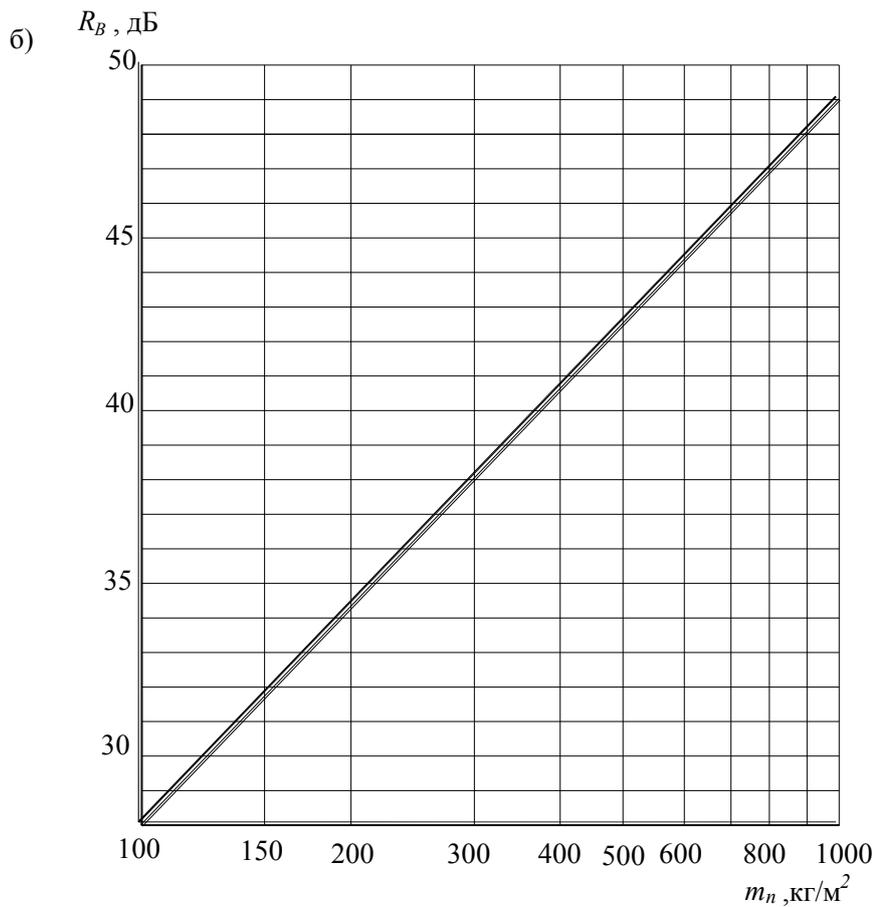
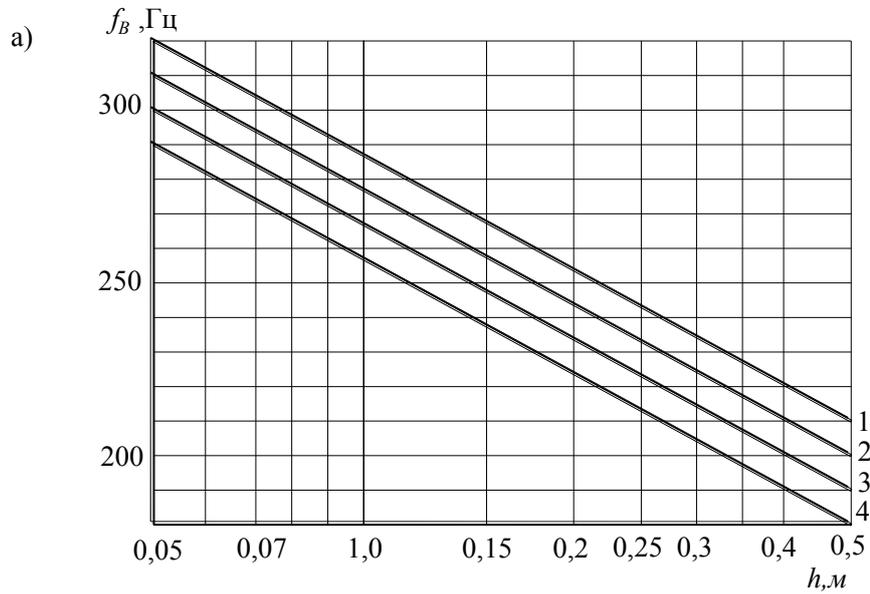


Таблица 1

Частота, Гц	Расчетные значения звукоизоляции, дБ	Значения оценочной кривой звукоизоляции, дБ	Неблагоприятные отклонения , дБ	Значения оценочной кривой звукоизоляции, дБ, смещенной вниз на ? дБ	Неблагоприятные отклонения, дБ, после смещения оценочной кривой вниз на ? дБ
100		33			
125		36			
160		39			
200		42			
250		45			
315		48			
400		51			
500		52			
630		53			
800		54			
1000		55			
1250		56			
1600		56			
2000		56			
2500		56			
3150		56			
Сумма неблагоприятных отклонений (по модулю)			$\Sigma_1 =$ дБ		$\Sigma_2 =$ дБ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

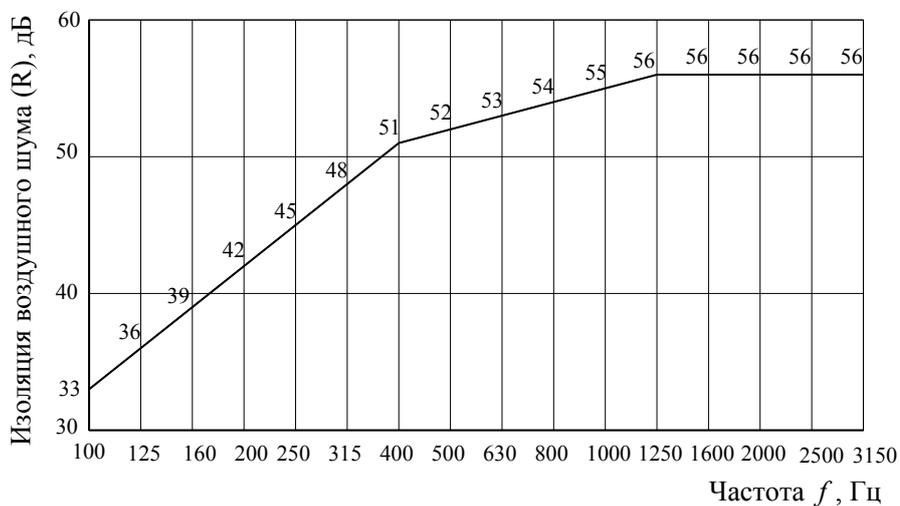
Графики для определения абсциссы (а) и ординаты (б) точки *B* частотной характеристики звукоизоляции акустически однородной конструкции



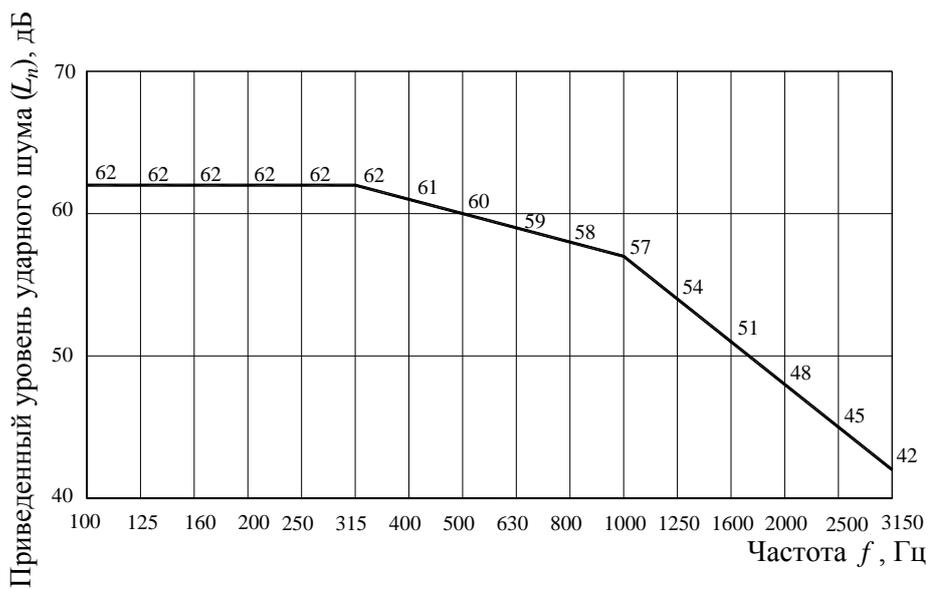
1 - абсцисса точки *B* для конструкции из материалов плотностью $\rho \geq 1800 \text{ кг/м}^3$;

2 - то же, $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$; 3 - то же, $\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$; 4 - то же, $\rho \leq 1200 \text{ кг/м}^3$

Нормативная кривая изоляции воздушного шума



Нормативная кривая приведенного уровня ударного шума



ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

1. Определить индекс изоляции воздушного шума для межкомнатной перегородки при следующем конструктивном решении

№	Материал перегородки	Толщина d, мм	Плотность, кг/м ³
1	Газобетонные блоки	220	800
2	Кирпичная кладка	120	1800
3	Аглопоритобетонные плиты класса В 7,5	150	1300
4	Газобетонные блоки	100	1000
5	Аглопоритобетонные плиты класса В 7,5	150	1300
6	Керамзитобетонные плиты класса В 12,5 – В 15	60	1700
7	Пазогребневые плиты из гипсобетона	98	1300
8	Перлитобетонные плиты класса В 7,5	80	1400
9	Перлитобетонные плиты класса В 7,5	60	1400
10	Пазогребневые плиты из гипсобетона поризованные	200	800
11	Кирпичная кладка	150	1800
12	Керамзитобетонные плиты класса В 12,5 – В 15	100	1700
13	Пазогребневые плиты из гипсобетона	120	1300
14	Газобетонные блоки	150	800
15	Кирпичная кладка	200	1800

2. Определить индекс приведенного уровня ударного шума.

Измеренная частотная характеристика приведенного уровня ударного шума под перекрытием:

№	Параметры	Среднегеометрическая частота 1/3 – октавной полосы															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
1		59	62	65	68	66	64	62	60	58	56	53	44	38	35	32	29
2		60	61	62	63	60	57	54	53	52	51	48	45	42	39	36	33
3		60	62	64	66	66	66	63	60	57	54	53	52	51	48	45	42
4		58	61	64	67	65	64	63	61	59	57	54	45	39	35	31	28
5		60	62	65	68	66	63	61	60	58	56	49	46	40	35	30	27

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое звукоизоляция?
2. Шум. Его характеристика и виды.
3. Звук и его характеристика.
4. Децибел. Порог слышимости. Примеры.
5. Акустически однородная конструкция.
6. Акустический комфорт.
7. Индекс звукоизоляции.

Список рекомендуемой литературы

1. Строительная физика. Шильд Е., Кассельман Х.Ф., Дамен Г., Поленц Р. пер. с нем.
2. Соловьев А.К. Физика среды: учебник. Москва: Издательство АСВ, 2008.
3. В. Блази Справочник проектировщика. Строительная физика
4. Архитектурная физика. Под ред. Оболенского
5. Архитектурная физика: климатология, светотехника, акустика: справочник Н.В. Ощепкова [и др.]; под общ. ред. Н. В. Ощепковой. Новополоцк: ПГУ, 2008. – 216 с.
6. Архитектурная физика: Светотехника и акустика Учеб.-метод. комплекс для студ. спец. 1-69 01 01 «Архитектура» сост. Н.В. Ощепкова, М.Н. Войтик, О.И. Ковальчук; под общ. ред. Н.В. Ощепковой. Новополоцк: ПГУ, 2007. – 264 с.