

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

АРХИТЕКТУРА

**Методические указания
к выполнению расчета естественной освещенности
для студентов специальности 1-70 02 01
«Промышленное и гражданское строительство»**

Могилев 2013

Введение

Задача строительной светотехники - исследование условий, определяющих создание оптимального светового режима в помещениях, отвечающего протекающим в них функциональным процессам, и разработка соответствующих архитектурных и конструктивных решений зданий.

Использование естественного дневного света для освещения помещений и рабочих мест производственных зданий является одним из важных факторов, способствующих улучшению санитарно - гигиенических условий труда, повышению его производительности, улучшению качества продукции, а также уменьшению травматизма.

Более совершенный метод нормирования естественной освещенности – светотехнический. Светотехнический расчет помещений производится графическим методом, разработанным А. Н. Данилюком и получившим большое распространение в проектной практике благодаря достаточно высокой точности и простоте вычислений.

Расчет естественной освещенности сводится к определению размеров, формы и расположения световых проемов – окон, фонарей и др., предварительно принятых в проекте.

Вычисленные значения коэффициента естественной освещенности (КЕО) сравниваются с нормативными.

1 Краткие теоретические основы светотехнического расчета

1.1 Общие положения

Прямым источником естественного освещения является солнце, а диффузным (рассеянным) светом – свет небосвода.

Мощность лучистой энергии, проходящей через какую–либо площадку в одну секунду, называется световым потоком Φ . За единицу светового потока принят люмен, соответствующий 1/683 Вт.

Для оценки условий освещенности, создаваемых источником света, пользуются понятием освещенности.

Освещенность поверхности E называется отношение величины падающего светового потока Φ к площади освещенной поверхности A :

$$E = \Phi / A. \quad (1)$$

Так как источником света является небосвод, яркость отдельных точек которого изменяется в значительных пределах и зависит от положения солнца на небосводе, степени прозрачности атмосферы и др. причин, установить значение естественной освещенности в помещении в абсолютных единицах (лк) невозможно, поэтому используется относительная величина, так называемый коэффициент естественной освещенности, сокращенно КЕО.

Коэффициент естественной освещенности e_M или КЕО. есть отношение естественной освещенности E_B , создаваемой в некоторой точке M заданной плоскости внутри помещения светом неба, к одновременной наружной горизонтальной освещенности E_H , создаваемой светом полностью открытого небосвода:

$$e_M (KEO) = \frac{E_B}{E_H} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Т.е. КЕО показывает, какую долю в процентах в данной точке помещения составляет освещенность от одновременной горизонтальной освещенности под открытым небом.

Абсолютное значение освещенности внутри помещения E_B , люкс, можно определить по формуле:

$$E_B = \frac{E_H \cdot e_M}{100}. \quad (3)$$

Значение E_B можно получить либо по данным многолетних наблюдений, либо непосредственными измерениями, т. е. экспериментально.

2 Определение коэффициента естественного освещения экспериментальным путем

2.1 Теоретическая часть

Освещенность E элемента dS элементарного светящегося участка dS является функцией яркости B участка dS , расстояния D между элементарными участками, а также ориентации каждого из них в пространстве (рисунок 1).

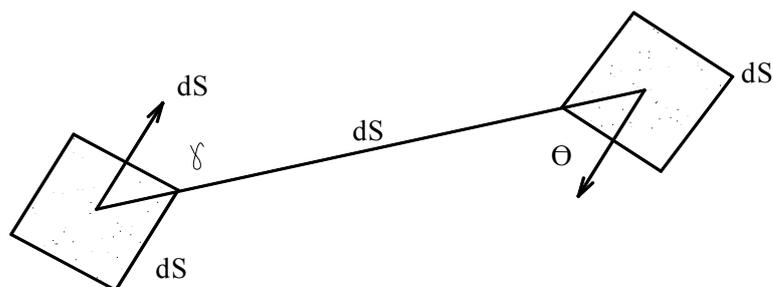
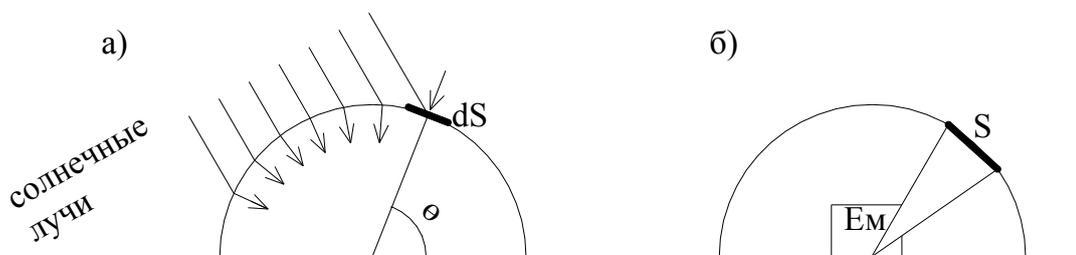


Рисунок 1 – Схема взаиморасположения освещенного и светящегося участков

Источником естественного света является солнце, однако для светотехнических расчетов принято считать, что небосвод закрыт полностью облаками, а его яркость распределена по закону Спенсера, т. е. она зависит только от угловой высоты Θ освещаемого элемента dS над горизонтом (рисунок 2, а).

Если расчетная точка M размещена внутри помещения, то освещенность E_M в ней будет зависеть от размеров видимого через световой проем участок неба S (рисунок 2, б).



а - экспериментальный КЕО; б – геометрический КЕО

Рисунок 2 – Схема для определения КЕО

Естественный свет может изменяться в течение дня в очень широких пределах, что создает определенные сложности при нормировании и расчете освещенности. Поэтому в строительной светотехнике принято нормировать и рассчитывать освещенность в относительных единицах - процентах, в виде коэффициента естественной освещенности. Он может быть определен из зависимости:

$$KEO_{\text{э}} = \frac{E_M}{E_H} \cdot 100 \% , \quad (4)$$

где E_M – освещенность в исследуемой точке помещения;

E_H – освещенность в той же точке от всего небосвода (для практических целей E_H определяется либо на кровле здания, либо на открытом месте недалеко от исследуемого помещения).

Нетрудно заметить, что КЕО остается постоянным при любой яркости неба. Для помещения лаборатории, где предполагается проведение эксперимента, эта освещенность нормируется в наиболее удаленной точке от окна.

Приборы и принадлежности:

- люксметр Ю116,
- рулетка,
- часы.

Люксметр Ю116 предназначен для измерения освещенности, создаваемой лампами накаливания и естественным светом, источники которого расположены произвольно относительно фотоэлемента люксметра (рисунок 3).

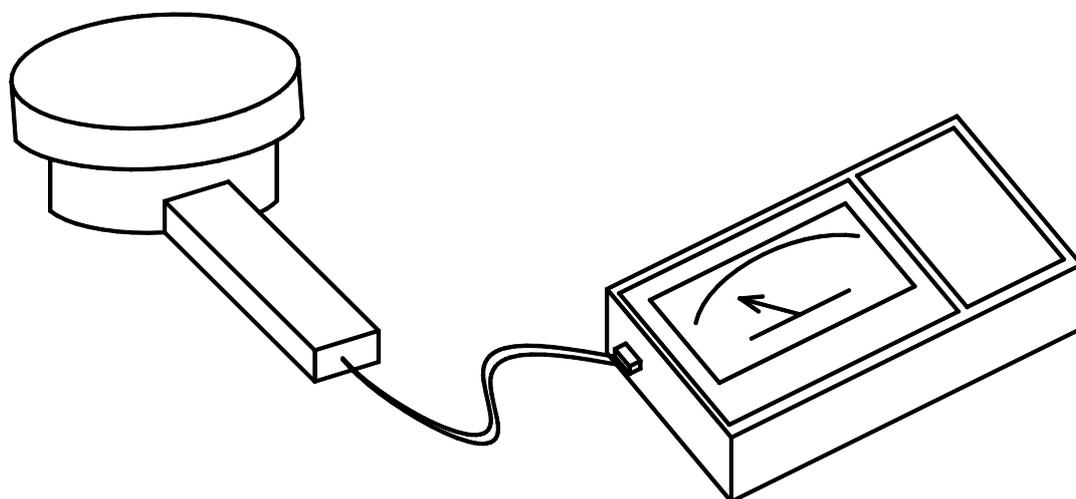


Рисунок 3 - Люксметр

Люксметр рассчитан на его эксплуатацию при температуре окружающего воздуха от минус 10 до плюс 35⁰С и относительной влажности 80 % (при 20±5⁰С).

Шкалы прибора неравномерные, градуированные в люксах: верхняя шкала имеет 100 делений, нижняя – 30.

Отметка “5” шкалы 0–30, отметка “20” шкалы 0–100, соответствующие начальным значениям диапазонов измерений, отмечены точкой. В пределах, соответственно, 5-30 и 20-100 допустимые погрешности составляют ±10 %, что соответствует ГОСТ 14841-80. В пределах 0-5 и 0-20 погрешности могут превышать допустимые. Пределы измерения люксметра приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Пределы измерения люксметра, люкс

Вид приемника	Нижняя шкала	Верхняя шкала
Фотоэлемент без насадок	до 30	до 100
То же, с насадками М + К	до 300	до 1000
То же, с насадками Р + К	до 3000	до 10000
То же, с насадками Т + К	до 30000	до 100000

Нижнюю шкалу подключает левая кнопка на панели прибора, верхнюю - правая. Насадка К используется только с насадками М, Р, Т.

Принципы действия основаны на способности светового излучения развивать электрический ток в селеновом фотоэлементе. Причем интенсивность излучения изменяется приблизительно пропорционально вызываемому электрическому току. Изменения электрического тока под действием светового излучения фиксирует измерительный прибор.

2.2 Методика проведения эксперимента

Во время эксперимента необходимо выполнить следующее.

1 Измерить люксметром наружную освещенность E_n (точку измерения указывает преподаватель).

2 Одновременно, с помощью второго люксметра, измерить освещенность в первой точке E_1 .

3 Аналогично проводят замеры наружной и внутренней освещенности в других точках характерного разреза (синхронные замеры по времени обусловлены изменением интенсивности естественного света, зависящего от климатических факторов, времени суток, а так же тем, что в учебных целях расчет КЕО рекомендуется проводить при любой облачности неба).

4 Вычислить по формуле (4) $КЕО_3$ и $КЕО_p$ по формуле (5) и результаты занести в таблицу 2.

5 Построить график $КЕО_3$ на заготовке, где построен график $КЕО_p$ (график для полной читаемости выделить цветом или графически).

6 Сопоставить результаты исследований.

Перед началом эксперимента необходимо:

- сделать изображение прибора;
- заготовить таблицу 2 для записи результатов расчета;
- после определения E_m , E_n , $КЕО_3$ необходимо определить освещенность в расчетных точках по упрощенной формуле (5);

Таблица 2 - Результаты исследований

Переменная	Номер точки в помещении				
	1	2	3	4	5
E_M E_H KEO_3 KEO_p					
Примечание - E_M, E_H, KEO_3, KEO – экспериментальные величины.					

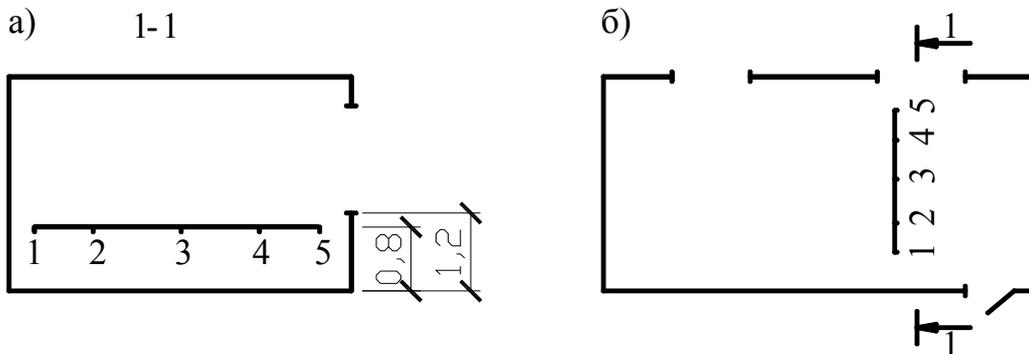
где ε - геометрический КЕО (методику расчета см. раздел 3);
 q – коэффициент неравномерности яркости неба (таблица 6);
 τ - общий коэффициент светопропускания ($\tau = 0,6$ – остекление двойное, переплеты деревянные);
 r_1 - коэффициент, учитывающий повышение КЕО за счет света, отраженного от внутренних поверхностей помещения.

Для расчета принять $r_1^1=1,1$; $r_1^2=1,2$; $r_1^3=1,5$; $r_1^4=1,9$; $r_1^5=2,4$.

7 Построить график КЕО на разрезе помещения.

$$KEO_p = \varepsilon \cdot g \cdot \tau \cdot r_1 \quad (5)$$

График КЕО выполнить на бумаге или миллиметровке (масштаб произвольный).



а - разрез 1-1; б - план лаборатории
 Рисунок 4 - Схема к расчету КЕО

3 Расчет геометрического коэффициента естественной освещенности

3.1 Общие положения

Небосвод имеет неравномерную яркость даже при сплошной облачности. Обычно в этом случае наибольшая яркость наблюдается в зените и наименьшая к горизонту. Яркость небосвода зависит от характера облачности и высоты здания. Для учета равномерности яркости неба введено понятие геометрического

коэффициента естественной освещенности ε , который представляет собой отношение значения естественной освещенности E_B , создаваемой в рассматриваемой точке М внутри помещения светом, исходящим непосредственно от равномерно яркого неба и прошедшим незастекленный световой проем, к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности E_H под открытым полностью небосводом (при этом прямой солнечный свет в создании освещенности не участвует):

$$\varepsilon_M = \frac{E_B}{E_M} \cdot 100\% . \quad (6)$$

Полученное значение КЕО необходимо сравнить с нормативным или требуемым коэффициентом естественной освещенности $e_n^{тр}$, %, который зависит от характера выполняемой работы в данном помещении, светового и солнечного климата, местоположения проектируемого здания:

$$e_n^{тр} = e \cdot m \cdot C \quad (7)$$

где e – необходимое значение КЕО в зависимости от характера работы /СНБ 2.04.05-98 «Естественное и искусственное освещение»;

m – коэффициент светового климата (таблица 7);

C – коэффициент солнечного климата (таблица 8). Значение C изменяется от 0,65 до 1,0.

3.2 Графический метод определения коэффициента естественной освещенности

Геометрический КЕО можно определить различными методами. Наибольшее распространение получил графический метод, разработанный А.М. Данилюком, который сводится к подсчету количества лучей, проходящих от участка неба через световые проемы к исследуемой точке.

Геометрический коэффициент естественной освещенности ε_6 в какой либо точке помещения при боковом освещении определяют по формуле:

$$\varepsilon_6 = 0,01 \cdot n_1 \cdot n_2 , \quad (8)$$

где n_1 – количество лучей по графику 1 (рисунок 11) проходящих от небосвода через световые проемы в расчетную точку на поперечном (вертикальном) разрезе помещения;

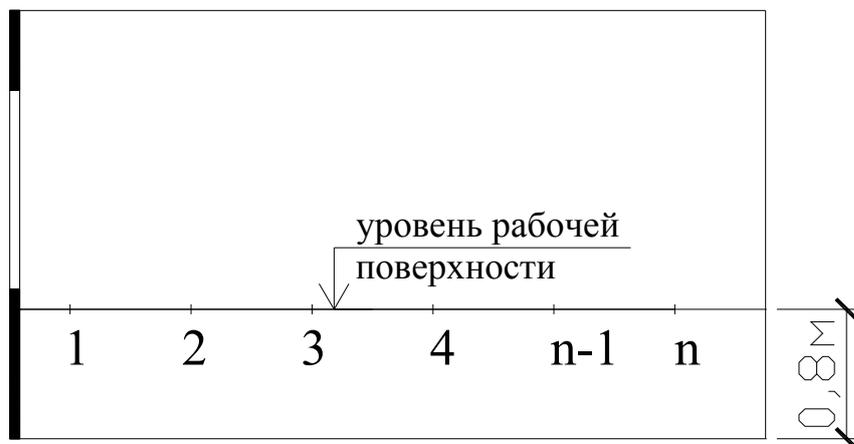
n_2 – количество лучей по графику 2 (рисунок 12) проходящих через световые проемы в расчетную точку в плане помещения.

Геометрический КЕО, учитывающий свет, отраженный от противостоящего здания (рисунок 5):

$$\varepsilon_{3D} = 0,01 \cdot n_1' \cdot n_2' , \quad (9)$$

где n_1' , n_2' - количество лучей по графику 1 и 2 (рисунки 11, 12).

РАЗРЕЗ 1-1



ПЛАН

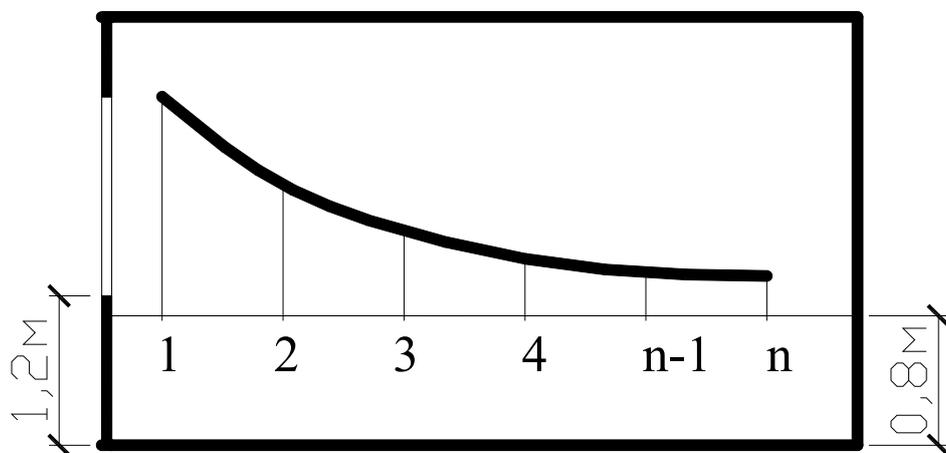
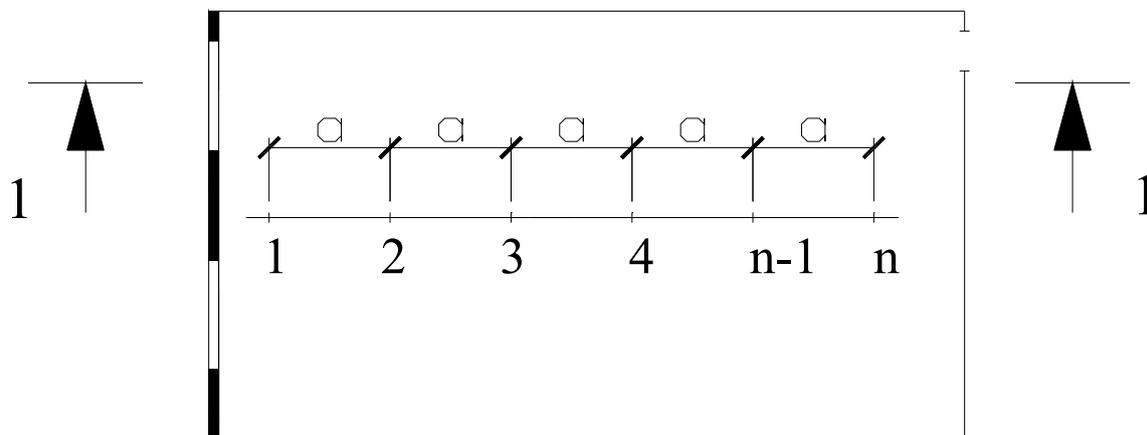


Рисунок 6 - Схемы характерных сечений

Геометрический КЕО в какой – либо точке помещения при верхнем освещении определяют:

$$\varepsilon_{\text{в}} = 0,01 \cdot n_3 \cdot n_2 , \quad (10)$$

где n_3 – количество лучей по графику 3 (рисунок 13), проходящих от неба в расчетную точку через световые проемы на поперечном разрезе;

n_2 – количество лучей по графику 2 (рисунок 12), проходящих от неба в расчетную точку через световые проемы на продольном разрезе помещения.

В случае нескольких световых проемов n_3 и n_2 определяют для каждого проема, а затем их произведения суммируют.

3.3 Методика определения измерений графиками А. М. Данилюка

Необходимо на кальке вычертить схемы характерного разреза помещений, плоскость сечения которого проходит посередине помещения перпендикулярно к плоскости остекления световых проемов (при боковом освещении) или в продольной оси пролета (рисунок 6); план здания с нанесением светопроемов (рисунок 8); продольный разрез по фонарному остеклению.

На поперечном разрезе помещения на отметке +0,8 м проводится условная линия рабочей поверхности, на которой вычисляется и нормируется естественная освещенность.

В уровне рабочей поверхности намечают ряд точек, в которых предполагается определение КЕО. Крайние точки от светопроемов располагают на расстоянии 1 м от внутренней плоскости стены. Число точек должно быть не менее пяти.

Количество лучей при боковом естественном освещении подсчитывают следующим образом: график 1 (рисунок 11) накладывается на схему поперечного разреза помещения таким образом, чтобы центр графика точка 0 совмещалась с расчетной точкой А, а нижняя горизонтальная линия графика – с уровнем рабочей поверхности (УРП) (рисунок 7).

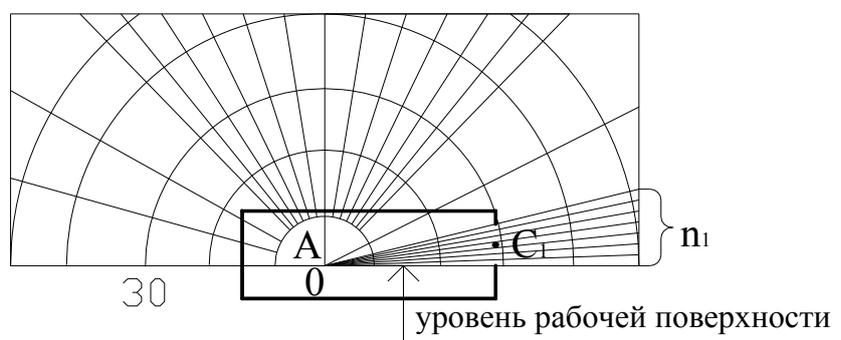


Рисунок 7 - Определение количества лучей n_1 , проходящих через светопроемы в стене при боковом освещении, по графику 1

Подсчитывают количество лучей, проходящих от неба через поперечный разрез светового проема в данную точку, отмечают номер полуокружности, проходящей через центр оконного проема C_1 (рисунок 7) и измеряют угол превышения θ точки C_1 и горизонтальной линии графика 1 (рисунок 11).

График 2 (рисунок 12) накладывается на план помещения таким образом, чтобы его вертикальная ось и горизонталь, номер которой соответствует номеру полуокружности по графику 1 (рисунок 11), проходили через точку C_1 (рисунок 8).

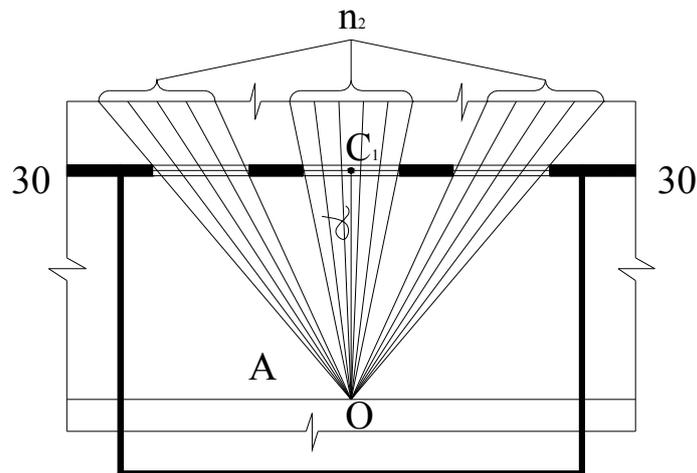


Рисунок 8 – Определение количества лучей n_2 , проходящих через световой проем в стене при боковом освещении по графику 2

Подсчитывают количество лучей по графику 2 (рисунок 12), проходящих через световые проемы; определяют геометрический коэффициент естественной освещенности по формуле (8).

Подсчет лучей, отражаемых от противостоящего здания и проходящих через световой проем (рисунок 9), производят по графикам 1, 2 (рисунки 11, 12) аналогично.

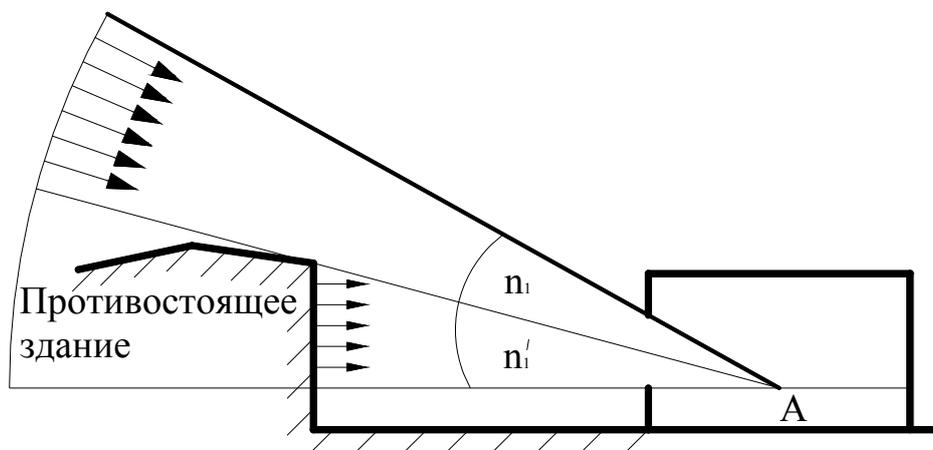
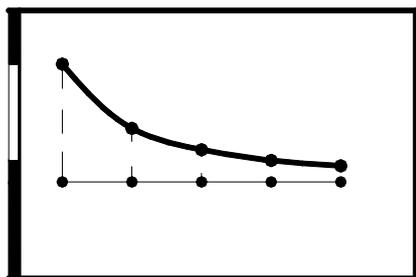


Рисунок 9 - Определение количества лучей n_1 и n_1' от неба и противостоящего здания

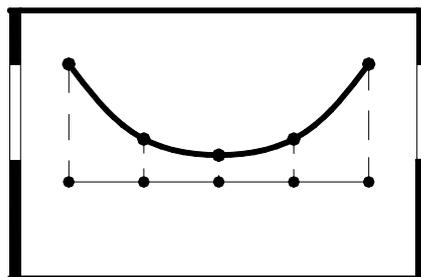
3.4 Построение кривой распределения коэффициента естественного освещения

Для построения кривой освещенности по характерному разрезу помещения определяются значения КЕО для ряда точек. Найденные величины КЕО откладываются от этих точек в соответствующем масштабе в виде вертикальных отрезков вверх от рабочей поверхности и концы отрезков соединяются кривой (рисунок 10).

а)



б)



а - одностороннее освещение; б - двустороннее освещение
Рисунок 10 - Примеры графиков КЕО для различных условий

Список литературы

1. Архитектурная физика: Учебник для вузов: Спец. «Архитектура» / В.К.Лицкевич, Л.И.Макаренко, И.В.Мигалена и др.;-М: Стойиздат 1997-448с.
2. Маклакова Т.Г. и др. Проектирование жилых и общественных зданий / Ученое пособие-М: Высшая школа 1998-400с.
3. Ильяшев А.С. и др. Под редакцией Хромца В./ Пособие по проектированию промышленных зданий. -М: Высшая школа, Москва,1990г.
4. СНБ 2.04.01-97 «Строительная теплотехника»
5. Ким Н.Н., Маклакова Т.Г. Архитектура гражданских и промышленных зданий: Спец курс; Учебное пособие для вузов. –М: Стойиздат 1987-278с.