

Что такое UGR?

➔ Комфортное освещение создает в помещении удобную для работы обстановку, но не слепит. Если свет бьет в глаза, то люди быстрее устают и чаще делают ошибки. Поэтому хорошее освещение экономически гораздо выгоднее плохого. Параметры комфортного освещения вопрос актуальный и частично отражен в государственных стандартах. Для оценки слепящего воздействия и степени комфортности осветительной установки используется обобщенный показатель дискомфорта UGR. Этот качественный параметр достаточно сложный для понимания, и его трудно напрямую измерить. Попробуем в нем разобраться.



Обобщенный показатель дискомфорта UGR является мерой слепящего действия, которое может производить установка внутреннего освещения. В России он рассчитывается согласно методике, приведенной в ГОСТ 33392-2015 [1]. В мировой практике показатель UGR стал неотъемлемой частью стандартов внутреннего освещения рабочих мест, таких как CIE S 008 (CIE 2001), европейский стандарт EN12464-1 (CEN, 2011), китайский стандарт GB50034 (CABP 2014) и российский ГОСТ Р 55710-2013. Если учитывать ряд ограничений по расчету, то показатель можно посчитать для большинства стандартных офисных зданий. На данный момент в нормах нет рекомендаций, как его измерить, есть только научные работы на эту тему. А если нельзя измерить то, как его проверить? И здесь на помощь приходят статистика и экспериментальные данные. То есть по значению UGR делается прогноз слепящего действия по шкале дискомфорта в пределах 10–28 (табл. 1). Эти значения определены экспериментальным путем и привязаны к реальным значениям яркости источника света и адаптации, а также к размеру и положению источника относительно линии наблюдения. Все, что ниже 10, является комфортным или незаметным для наблюдателя, все что выше 28 будет слепить большинство наблюдателей. Если значения выходят за определенные рамки, например, оцениваются источники низкой яркости (менее 1000 кд/м²) или слишком высокой, то получается значение UGR, выпадающее за пределы шкалы.

В вышеперечисленных стандартах описан табличный метод определения UGR. Суть данного метода состоит в том, что для светильника рассчитывается таблица значений UGR для помещений различных размеров, кратных высоте H, а также для помещений с различными коэффициентами отражения потолка/стен/пола. Он позволяет оценить

Таблица 1. Значения шкалы дискомфорта

Значение UGR	Шкала дискомфорта
10 и <	Незаметный
13	Едва заметный
16	Ощутимый (для зрительных задач высокой точности)
19	Просто приемлемо (для зрительных задач средней точности)
22	Неприемлемый (для зрительных задач умеренной точности)
25	Просто неудобно (для простых зрительных задач)
28 и >	Дискомфортный

среднее значение UGR и удобен для сравнения «яблок с яблоками». То есть по таким таблицам можно сравнивать однотипные светильники. У данного метода есть много ограничений: его можно применять только для одинаковых светильников с симметричными КСС, размещенных в прямоугольном помещении в заданной сетке расположения, с конкретными значениями отражения поверхностей и конкретными позициями и направлениями линии наблюдения. Пример такой таблицы для светильников длиной 1,2 м и световым потоком 3300 лм с линзами LEDiL C17164_LINNEA-GC2-110, C17166_LINNEA-GC2-60 и DAISY-MINI-WW-D приведен на рис. 1. Поскольку табличный метод можно применять для ограниченного набора стандартных помещений и использовать для каждого типа светильника отдельно и выбирать, какой из типов будет слепить больше, данный метод не получил широкого распространения.

В настоящее время UGR рассчитывается исходя из следующего требования: плоскость линии зрения стандартного наблюдателя располагается на высоте 1,2 м от пола, наблюдатель находится на расстоянии 1 м до рабочей плоскости [1]. Для расчета используется следующая формула:

$$UGR = 8 \log \left[\frac{0,25 \sum_i L_i^2 \omega_i}{L_b \sum_i p_i^2} \right], \quad (1)$$

где L_i — габаритная яркости i -го источника света в направлении наблюдателя; L_b — яркость фона; ω_i — телесный угол светящихся частей i -го светильника из точки наблюдения; p_i — индекс позиции по Гуту, учитывающий положение светильника в поле зрения. Чем дальше от центральной линии зрения находится источник света, тем больше значение индекса позиции Гута, соответственно, если светильник расположен на оси, то он слепит больше, если на периферии, то меньше.

Как видно, в формуле (1) учтена логарифмическая зависимость чувствительности глаза к уровню яркости. В числителе имеется квадрат габаритной яркости светящейся части в направлении глаз наблюдателя, а в знаменателе — яркость адаптации. Получается, что при снижении яркости адаптации в 10 раз показатель или увеличении яркости источника в 3,16 раза, UGR по формуле (1) возрастает на 8 единиц.

Метод расчета UGR по формуле (1) в стандартной точке именуется как «точечный» метод. При этом шкала

UGR разрабатывалась для источников с равномерным распределением яркости, а источники с неравномерным распределением не принимались во внимание. Современные работы показывают, что при большой неравномерности яркости по светящей поверхности светильников

современные формулы расчета UGR не согласуются с реальными ощущениями [3, 4]. Поэтому выход из данной ситуации состоит в ограничении и равномерном распределении яркости по поверхности, чтобы повышать комфортность осветительных установок. Поэтому оптический

C17164_LINNEA-GC2-110

UGR
S = 0,250

Reflectancies										
Ceiling/Cavity	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3
Walls	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3
Working Plane	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Room Dimensions	Viewed Crosswise					Viewed Endwise				
x=2H y=2H	20,4	21,6	20,7	21,8	23,7	22,2	23,3	22,4	23,5	23,7
x=2H y=3H	20,9	21,9	21,2	22,2	24,0	22,4	23,4	22,7	23,7	24,0
x=2H y=4H	21,1	22,1	21,4	22,3	24,0	22,5	23,4	22,8	23,7	24,0
x=2H y=6H	21,3	22,2	21,7	22,5	23,9	22,5	23,3	22,8	23,6	23,9
x=2H y=8H	21,4	22,2	21,7	22,5	23,9	22,4	23,3	22,8	23,6	23,9
x=2H y=12H	21,4	22,2	21,8	22,5	23,9	22,4	23,2	22,8	23,5	23,9
x=4H y=2H	20,8	21,7	21,1	22,0	23,8	22,3	23,2	22,6	23,5	23,8
x=4H y=3H	21,4	22,2	21,8	22,5	24,1	22,6	23,4	23,0	23,7	24,1
x=4H y=4H	21,8	22,5	22,2	22,8	24,1	22,7	23,4	23,1	23,8	24,1
x=4H y=6H	22,2	22,8	22,6	23,1	24,1	22,8	23,4	23,2	23,7	24,1
x=4H y=8H	22,3	22,8	22,7	23,2	24,1	22,8	23,3	23,2	23,7	24,1
x=4H y=12H	22,3	22,8	22,8	23,2	24,1	22,7	23,2	23,2	23,6	24,1
x=8H y=4H	22,0	22,6	22,4	22,9	24,2	22,8	23,4	23,2	23,8	24,2
x=8H y=6H	22,7	23,1	23,1	23,5	24,2	22,9	23,4	23,4	23,8	24,2
x=8H y=8H	22,9	23,3	23,4	23,8	24,2	22,9	23,3	23,4	23,8	24,2
x=8H y=12H	23,1	23,4	23,5	23,9	24,2	22,9	23,2	23,4	23,7	24,2
x=12H y=4H	22,0	22,5	22,4	22,9	24,2	22,8	23,3	23,3	23,8	24,2
x=12H y=6H	22,7	23,1	23,1	23,5	24,3	23,0	23,4	23,4	23,8	24,3
x=12H y=8H	23,0	23,3	23,5	23,8	24,3	23,0	23,3	23,5	23,8	24,3

C17166_LINNEA-GC2-60

UGR
S = 0,250

Reflectancies										
Ceiling/Cavity	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3
Walls	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3
Working Plane	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Room Dimensions	Viewed Crosswise					Viewed Endwise				
x=2H y=2H	15,6	16,4	15,8	16,6	17,8	16,5	17,4	16,8	17,5	17,8
x=2H y=3H	15,7	16,4	15,9	16,6	18,1	16,9	17,6	17,2	17,9	18,1
x=2H y=4H	15,7	16,4	16,0	16,7	18,3	17,1	17,8	17,4	18,1	18,3
x=2H y=6H	15,8	16,4	16,1	16,7	18,5	17,3	18,0	17,7	18,2	18,5
x=2H y=8H	15,7	16,3	16,1	16,6	18,6	17,4	18,0	17,7	18,3	18,6
x=2H y=12H	15,7	16,3	16,1	16,6	18,6	17,4	18,0	17,8	18,3	18,6
x=4H y=2H	15,8	16,5	16,1	16,7	17,8	16,6	17,3	16,9	17,5	17,8
x=4H y=3H	15,9	16,5	16,3	16,8	18,2	17,0	17,6	17,4	17,9	18,2
x=4H y=4H	16,0	16,5	16,4	16,9	18,5	17,4	17,9	17,7	18,2	18,5
x=4H y=6H	16,1	16,5	16,5	16,9	18,9	17,7	18,1	17,8	18,5	18,9
x=4H y=8H	16,1	16,5	16,5	16,8	19,0	17,8	18,2	18,2	18,6	19,0
x=4H y=12H	16,1	16,4	16,5	16,8	19,1	17,9	18,2	18,3	18,6	19,1
x=8H y=4H	16,1	16,5	16,5	16,8	18,5	17,4	17,7	17,8	18,1	18,5
x=8H y=6H	16,1	16,4	16,6	16,9	18,9	17,8	18,1	18,2	18,5	18,9
x=8H y=8H	16,2	16,4	16,6	16,8	19,1	17,9	18,2	18,4	18,6	19,1
x=8H y=12H	16,1	16,3	16,6	16,8	19,2	18,0	18,2	18,5	18,7	19,2
x=12H y=4H	16,1	16,4	16,5	16,8	18,5	17,3	17,7	17,8	18,1	18,5
x=12H y=6H	16,2	16,4	16,6	16,8	18,9	17,8	18,0	18,2	18,4	18,9
x=12H y=8H	16,1	16,4	16,6	16,8	19,1	17,9	18,1	18,4	18,6	19,1

DAISY-MINI-WW-D

UGR
S = 0,250

Reflectancies										
Ceiling/Cavity	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3
Walls	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3
Working Plane	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Room Dimensions	Viewed Crosswise					Viewed Endwise				
x=2H y=2H	15,8	16,5	16,1	16,7	17,5	16,5	17,1	16,7	17,3	17,5
x=2H y=3H	15,7	16,3	16,0	16,5	17,4	16,4	17,0	16,6	17,2	17,4
x=2H y=4H	15,6	16,2	15,9	16,4	17,4	16,3	16,8	16,6	17,1	17,4
x=2H y=6H	15,8	16,1	15,9	16,4	17,3	16,2	16,7	16,5	17,0	17,3
x=2H y=8H	15,5	16,0	15,8	16,3	17,3	16,2	16,7	16,5	17,0	17,3
x=2H y=12H	15,5	15,9	15,8	16,2	17,2	16,1	16,6	16,5	16,9	17,2
x=4H y=2H	15,6	16,2	15,9	16,4	17,4	16,3	16,8	16,6	17,1	17,4
x=4H y=3H	15,5	15,9	15,8	16,2	17,2	16,1	16,6	16,5	16,9	17,2
x=4H y=4H	15,4	15,8	15,8	16,1	17,1	16,1	16,5	16,4	16,8	17,1
x=4H y=6H	15,3	15,7	15,7	16,0	17,1	16,0	16,3	16,4	16,7	17,1
x=4H y=8H	15,3	15,6	15,7	15,9	17,0	15,9	16,2	16,4	16,6	17,0
x=4H y=12H	15,2	15,5	15,7	15,9	17,0	15,9	16,2	16,3	16,6	17,0?
x=8H y=4H	15,3	15,6	15,7	15,9	17,0	15,9	16,2	16,4	16,6	17,0
x=8H y=6H	15,2	15,4	15,6	15,8	16,9	15,9	16,1	16,3	16,5	16,9
x=8H y=8H	15,2	15,3	15,6	15,8	16,9	15,8	16,0	16,3	16,4	16,9
x=8H y=12H	15,1	15,3	15,6	15,7	16,9	15,8	15,9	16,2	16,4	16,9
x=12H y=4H	15,2	15,5	15,7	15,9	17,0	15,9	16,2	16,3	16,6	17,0
x=12H y=6H	15,2	15,3	15,6	15,8	16,9	15,8	16,0	16,3	16,4	16,9
x=12H y=8H	15,1	15,3	15,6	15,7	16,9	15,8	15,9	16,2	16,4	16,9

Рис. 1. Таблицы UGR для линз Linnea-CG2 и DAISY-MINI-WW-D длиной 1,2 м и световым потоком 3300 лм



Рис. 2. Распределение яркости по поверхности линзы LINNEA-GC2.

дизайн важен для снижения слепящего действия, и нужно максимально сглаживать переходы от ярких точек к менее ярким на световой поверхности линзы. Ведь именно резкие перепады яркости,

согласно последним исследованиям, являются причиной дискомфорта.

Сегодня наиболее часто используется точечный метод расчета UGR. По формуле (1) вычисляется суммарное действие от каждого светильника. Ранее мы упоминали, что табличный метод привязан к стандартным условиям, а точечный метод позволяет обойти ограничения табличного метода: можно делать расчеты для светильников с различными КСС в помещениях произвольной формы, меняя положение наблюдателя в помещении. Расчет легко выполняется в любой современной светотехнической программе (например, DIALux, Relux). Но в точечном способе тоже есть недостатки [5], и главный состоит в том, что рассчитанное значение UGR в некоторых случаях очень чувствительно к положению наблюдателя и не всегда отражает реальную картину по возможному слепящему действию реальной установки. В [2] показано, что при расчете UGR в стандартной точке на высоте 1,2 м, расположенной по центру помещения на расстоянии 1 м от торцевой стены, значения могут в большой степени зависеть от размера и взаимного расположения светильников относительно расчетной точки, от типа светораспределения, и в некоторых случаях эта величина колеблется в очень широких пределах, порой до 10 единиц и более. При этом в рекомендациях для большинства общественных и промышленных помещений значение UGR указано в пределах 14–25, что укладывается в 12 единиц. В некоторых случаях при выборе светильника по параметру UGR на основе точечного расчета, некорректный результат может быть причиной исключения светильника из проекта из-за превышения

показателя UGR всего на одну единицу. Тогда как погрешность расчета может в несколько раз превышать эту единицу.

В [2] предложен метод усреднения показателя на плоскости, позволяющий провести более точный расчет значения UGR для любой установки внутреннего освещения вне зависимости от стандартного размещения светильников или помещения, а также учитывая различный типы светильников. Метод позволяет рассчитывать значения UGR, по которым можно проводить анализ того, удовлетворяет установка требованиям стандартов освещения рабочего места или нет.

Суть данного метода состоит в том, что UGR рассчитывается не в точке, а в некоторой плоскости, ограниченной шагом светильников в продольной и поперечной плоскости. Расчетная сетка при этом состоит из 10×10 точек. Значения UGR по всем точкам плоскости усредняются и в итоге становится менее зависимым от положения наблюдателя и светильника. Для удобства данный метод будем называть «сеточным».

Сравним точечный и сеточный методы, чтобы наглядно продемонстрировать суть проблемы расчета UGR. Для этого возьмем эталонное помещение со встроенными в потолок светильниками на высоте 3,2 м, так что они находятся на высоте $H = 2$ м над высотой наблюдателя (1,2 м, — высота глаз сидящего человека). Значения UGR, полученные в данных условиях, сравнимы и с данными табличного метода. Поэтому такое помещение считается эталонным. Размеры помещения составляют 4Н×8Н, а значения коэффициента отражения потолка, стен и пола — 70, 50 и 20% соот-

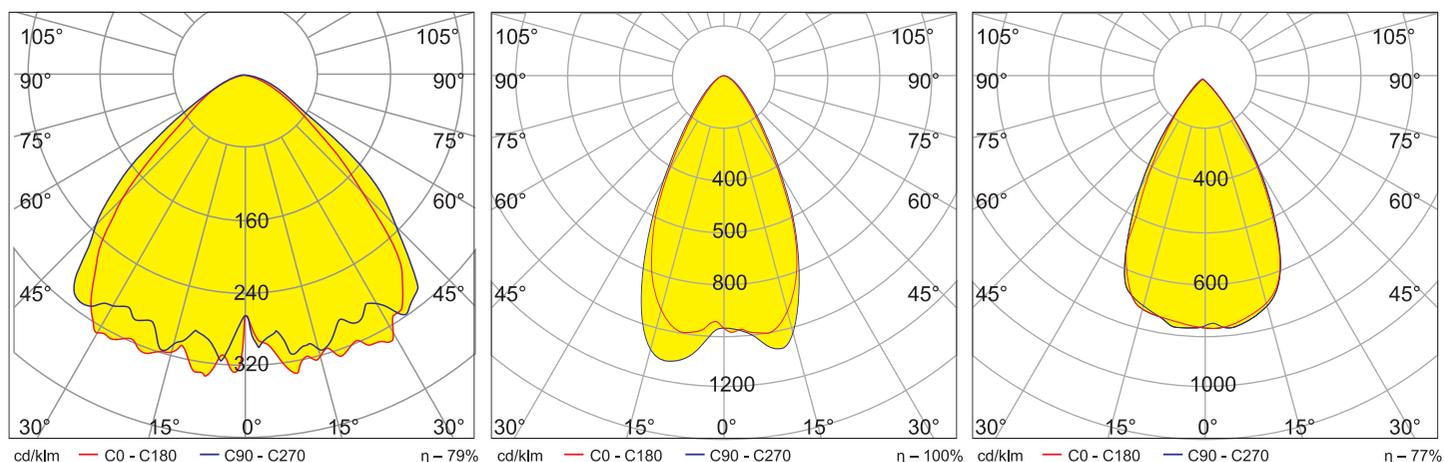


Рис. 3. КСС линз LINNEA-GC2-110 (слева), LINNEA-GC2-60 (по центру) и DAISY-MINI-WW-D (справа)

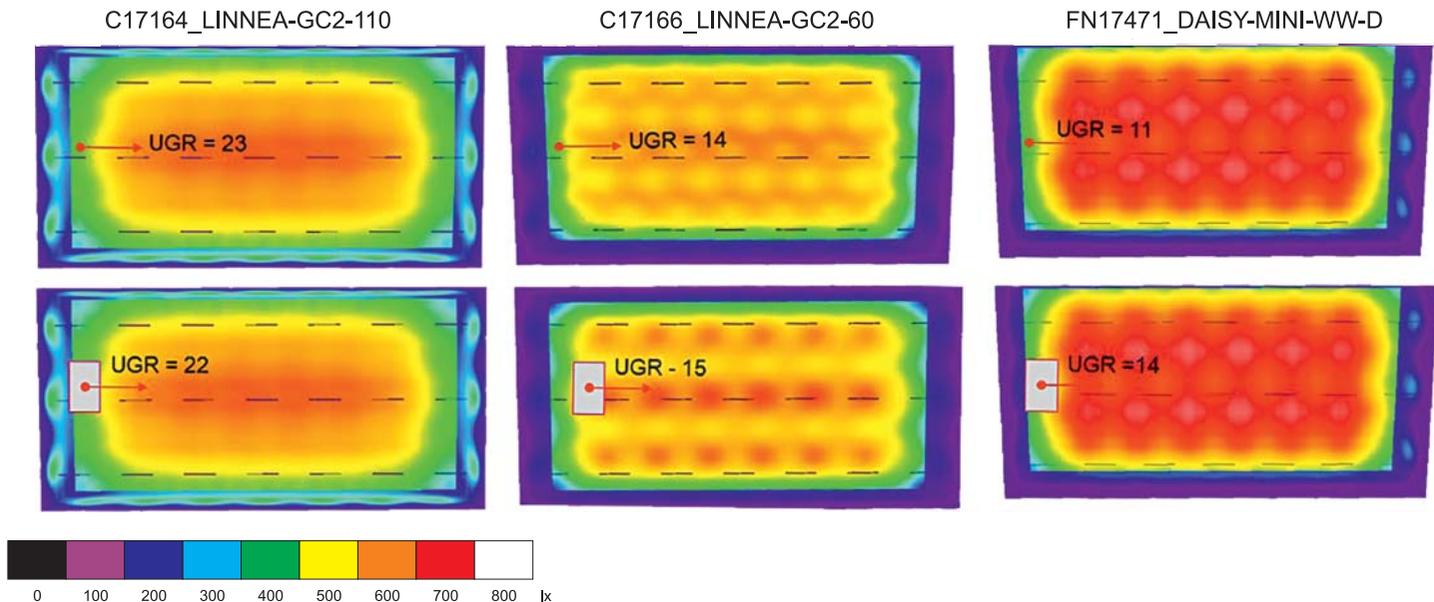


Рис. 4. Распределение освещенности по помещению и значения UGR на высоте 1,2 м в торце помещения. Вверху приведены значения, полученные на базе точечного метода, внизу — на базе сеточного метода

ветственно. Коэффициент эксплуатации устанавливается равным 1.

Для сравнения были выбраны три типа линейных, встроенных в потолок светильников длиной 1,2 м, с очень разными линзами от компании LEDiL:

- линза с углом излучения 110°, C17164_LINNEA-GC2-110, световой поток 3300 лм;
 - линза с углом излучения 60°, C17166_LINNEA-GC2-60, световой поток 3300 лм;
 - линза с углом излучения 60°, с защитной решеткой, FN17463_DAISSY-MINI-WW-D, световой поток 3300 лм
- КСС линз представлены на рис. 3.

На рис. 4 показано, как расположены светильники в помещении, и представлено распределение освещенности в фиктивных цветах для трех выбранных типов светильников. Компоновка подобрана таким образом, что средняя освещенность рабочей плоскости составляет около 600 лк.

Как видно на рис. 4, расхождение показателя UGR для обоих светильников с линзами LINNEA-GC2 находится в пределах одной единицы. А для светильника с линзами DAISY-MINI-WW-D, которые формируют наиболее резкий защитный угол, результат расходится в три единицы.

В чем причина этого расхождения? Чтобы убедиться, что это проблема именно точечного метода расчета, выполним следующий тест: в одном случае сделаем расчет UGR по всему помещению для исходных светильников длиной 1,2 м, а во втором случае раздробим каждый светильник на четыре части длиной 0,3 м каждая. Результаты такого расчета представлены на рис. 5.

В случае с оптикой LINNEA-GC2-110 длиной 1,2 м значения показателя UGR меньше зависят от положения наблюдателя, так как светораспределение в зоне слепящего

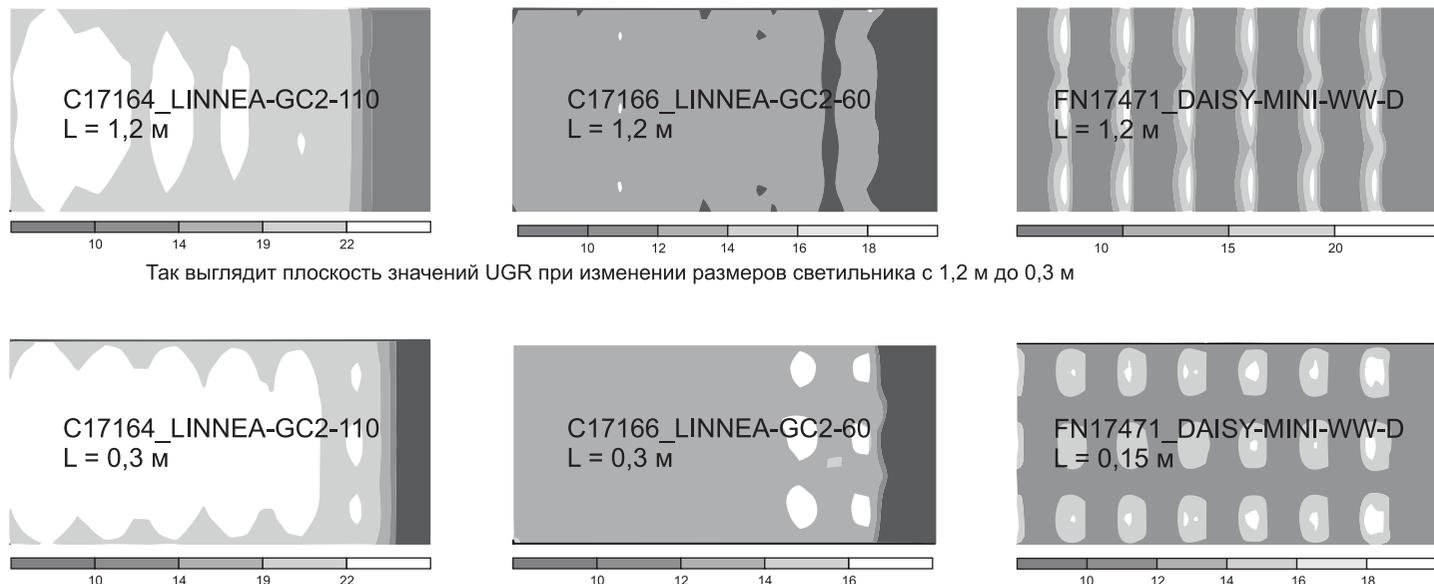


Рис. 5. Распределение UGR по помещению на высоте 1,2 м

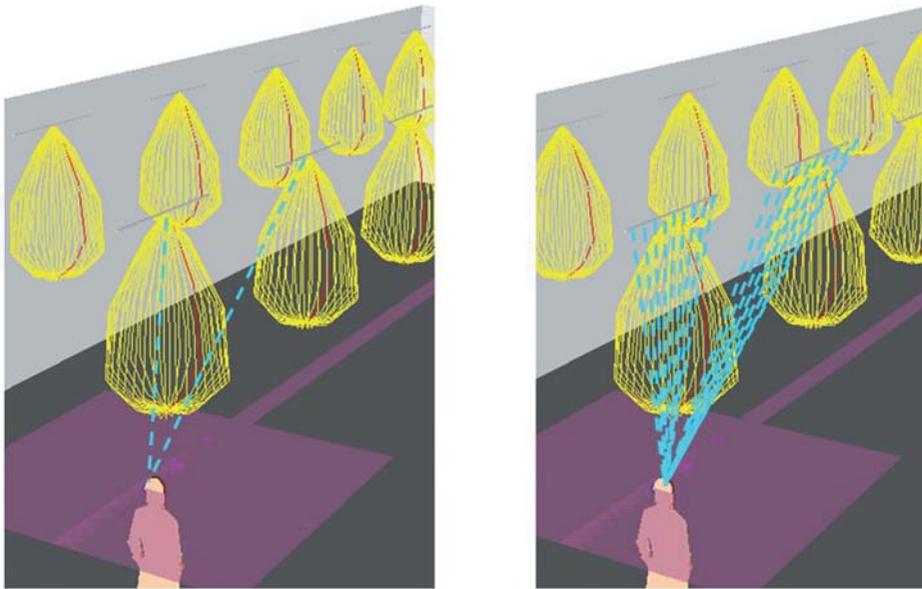


Рис. 6. Расчетная точка определения угла в формуле UGR: слева в случае светильника длиной 1,2 м; справа линии, разбитые на несколько частей

действия (для углов выше 50° от оптической оси светильника) не ограничено так резко, как например у DAISY-MINI-WW-D.

В случае LINNEA-GC2-60 видно, что диапазон показателя UGR по помещению колеблется в более широких пределах. У линзы DAISY-MINI угол излучения 60° такой же, как у LINNEA-GC2-60, но из-за более резкого перехода КСС в зоне $57-90^\circ$ от оси при расчете по формуле (1) возникают казусы. И мы наблюдаем резкие колебания значения UGR. То есть, судя по расчету для человека, стоящего в одной точке, дискомфорт будет «незаметным» ($UGR = 10$). Если

сделать шаг в пределах 0,3 м, он возрастет до ощутимого $UGR = 16$, а еще через шаг уровень дискомфорта станет $UGR = 18$. Заметим, что распределение значений UGR заметно меняется от способа представления светильника, чего, по идее, быть не должно. Проблема именно в методе расчета.

Почему же UGR так сильно меняется при изменении положения наблюдателя? Когда светильники находятся прямо над или позади наблюдателя, они выпадают из поля зрения и больше не вносят свой вклад в значение UGR. Если светильники достаточно удалены от наблюдателя и силы

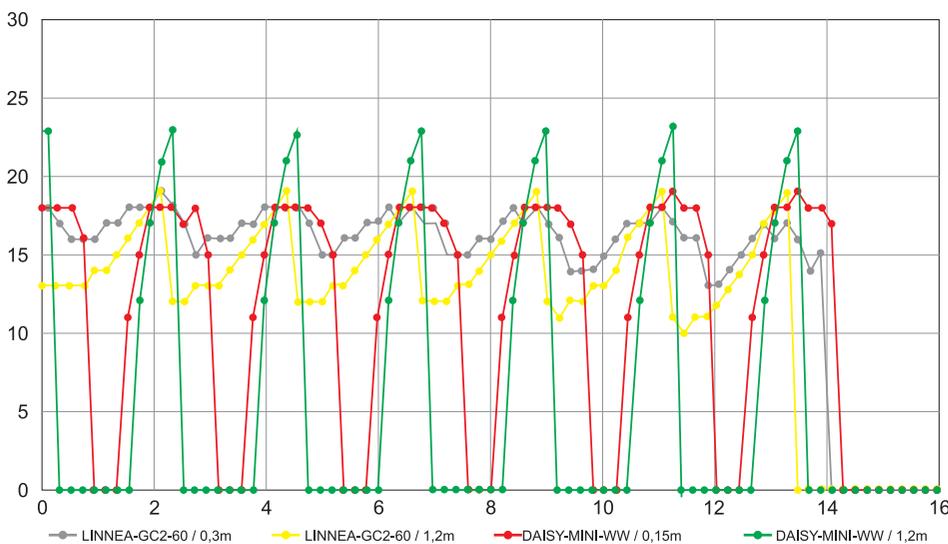


Рис. 7. Значения UGR вдоль центральной линии помещения в зависимости от длины светильника.

света в этом направлении ограничены, то они не вносят вклад в UGR. Поэтому если светильники имеют резко ограниченную КСС, они обеспечивают более низкое значение UGR, но при этом наблюдается больший разброс при расчете UGR по формуле (1) в зависимости от взаимного расположения наблюдателя и светильников.

Большой разброс UGR при смещении наблюдателя всего на 0,3 м не может быть физически обоснованным, так как смещение значительно меньше размера светильника. Эта ошибка вызвана тем, что в Dialux (так же как и в других современных программах) вклад светильника в UGR оценивается только относительно центральной точки светильника (рис. 6). В нашем примере линейные светильники образуют непрерывную линию на потолке, распределение яркости (и, следовательно, значение UGR) для наблюдателя, смотрящего вдоль этой непрерывной линии, не может сильно изменяться в зависимости от положения наблюдателя. Если светильник длинный и угол излучения в зоне защитного угла у него резко ограничен, то из определенных точек вклад по формуле (1) будет нулевым.

Построим график изменения UGR на линии, проходящей на высоте 1,2 м вдоль центра помещения. На рис. 7 видно, что для линзы LINNEA-GC2-60 в случае светильника 1,2 м колебания UGR находятся в пределах 10–19 (разница в пределах 9 единиц), а при дискретизации светильника на более мелкие части — 13–19 (в пределах 6 единиц). Для DAISY-MINI-WW 1,2 м — 12–23 (9 единиц), для 0,15 м — 11–19 (8 единиц). Это показывает, что вариации, наблюдаемые при расчете точки UGR, частично вызваны самим методом расчета и не связаны изменением реального слепящего действия в установке. При этом если значения усреднить, то значение по сеточному методу получается очень близким к значению в точке стандартного наблюдателя. Если позицию светильника изменить относительно стандартного наблюдателя, то значение может колебаться в широких пределах. В случае усреднения по плоскости получается значение UGR, более приближенное к реальному и менее зависимое от взаимного расположения наблюдателя и светильника. Ведь в проектной практике бывает так, что для достижения более низких показателей светильники сдвигают. Что в корне неверно. Применение усредняющей поверхности позволяет избежать возможности манипулирования значениями UGR.

И напоследок оценим значения, полученные табличным, точечным и сеточным методами (табл. 2).

Из таблицы 2 видно, что значения, полученные разными методами, различаются. Причины были описаны выше. Все методы дают близкие результаты в пределах единицы только для КСС с широким углом излучения. Во всех остальных случаях табличный и точечный методы могут ошибаться как в большую, так и в меньшую сторону. Табличный ошибается тем более, чем больше условия отличаются от стандартных. А точечный метод больше ошибается в случае с резко ограниченными КСС.

UGR зависит от расположения светильников, если стандартный наблюдатель (1,2 м, 1 м от стены) попал в зону между светильниками в линии, то перепад UGR может составлять несколько единиц и приводить к ошибке при оценке показателя, поэтому для определения усредненного UGR рекомендуется использовать не точку, а плоскость, ограниченную шагом сетки светильника.

Длина светильника влияет на UGR, поэтому нужно разбивать длинные светильники на более мелкие, особенно это актуально для светильников, имеющих узкие углы излучения и ограниченные КСС в зоне защитного угла.

Таблица 2. Сравнение результатов расчета UGR для различных линз табличного, точечного и сеточного метода

Линза	Табличный	Точечный	Сеточный
LINNEA-GC2-90, 1,2 м, 3300 лм	22,8	23	22
LINNEA-GC2-60, 1,2 м, 3300 лм	17,8	14	15
DAISY-MINI-WW, 1,2 м, 3300 лм	15,9	11	14

Таким образом, сеточный метод в сочетании с дискретизацией светильников позволяет получить более корректные значения показателей UGR в случае светильников с ограниченными КСС в зоне защитных углов.

UGR важный показатель, но есть и другие параметры, такие как ограничение предельной величины габаритной яркости и равномерность распределения яркости по световому отверстию и защитный угол. В разрабатываемых в Европе рекомендациях [6] указано, что для создания комфортного света нужно избегать высоких значений яркостей и контрастов яркости. Это две основные причины, вызывающие ослепление или неприятные ощущения. Также рекомендуется избегать высокой неравномерности яркости, поскольку она вызывает усталость из-за постоянной переадаптации глаз. При этом малая яркость и слишком низкие контрасты яркости могут формировать тусклую и не пригодную для

работы среду. Поэтому, чтобы получить комфортный свет, при разработке и подборе светильников для проекта так важно думать не только о UGR, но и о других не менее важных деталях, которые четко прописаны в нормативной документации — защитный угол, равномерность распределения яркости по световому отверстию и предельные значения габаритной яркости. ●

Литература

- ГОСТ 33392-2015. Здания и сооружения. Метод определения показателя дискомфорта при искусственном освещении помещений.
- Vissenberg M. C. J. M. et al. Robust unfired glare ratings for real lighting installation. Washington D.C., USA, June 14–22, 2019.
- Yang Y., Luo R.M, Ma S. N., Liu X. Y. Assessing glare. Part 1: Comparing uniform and non-uniform LED luminaires // *Lighting Research & Technology*. 2017. Vol. 49. Iss. 2.
- Kasahara T. et al. Discomfort Glare Caused by White LED Light Sources // *Journal of Light & Visual Environment*. 2006. Vol. 30, Iss. 2.
- Ashdown I. Sensitivity Analysis of Glare Rating Metrics // *Leukos*. 2005. vol. 2. no. 2.
- DRAFT prEN 12464-1. Light and lighting — Lighting of work places — Part 1: Indoor work places.