

Комфортное освещение складов

Сакен Юсупов,
saken.jusupov@ledil.com

Екатерина Ильина,
tech.support.rus@ledil.com

Склад – это нежилое помещение, предназначенное для хранения сырья, продукции, товаров и прочих грузов. Согласно существующей классификации, все складские помещения независимо от их назначения делятся на шесть категорий.

Категория А+ объединяет складские помещения, наиболее удобно и выгодно расположенные с точки зрения логистики. Такие склады имеют достаточно большие площади, офисы и служебные помещения, складское и погрузочное оборудование. Стоимость аренды этих помещений самая высокая.

Склады категории А немного дешевле, хотя и отвечают многим требованиям, предъявляемым к предыдущей категории. Это тоже одноэтажные капитальные сооружения с развитой инфраструктурой.

Категория В+ требует от помещения склада высоту потолков не менее 8 м. Полы должны иметь антипылевое покрытие. Склад должен располагаться вблизи крупных магистралей, иметь удобные подъездные пути и место для маневрирования большегрузного транспорта.

Помещения категории В могут быть как одно-, так и двухэтажными. В случае двухэтажного склада обеспечивается необходимое количество лифтов и подъемников.

Категория С включает складские помещения с потолками не менее 4 м. В эту категорию включены и капитальные сооружения, и утепленные ангары.

К категории D, как правило, относятся неотапливаемые ангары, подвальные помещения и сооружения гражданской обороны. Такие склады



Рис. 1. Царь Кощей, который чахнет над золотом в складском помещении класса D

имеют освещение, в них обеспечивается постоянная температура и уровень влажности.

В качестве наглядного примера на рисунке 1 изображен царь Кощей,

который чахнет над золотом в складском помещении класса D при тусклом свете одинокой свечи. А на рисунке 2 показан ярко освещенный склад класса А. Сравнивая эти два рисун-



Рис. 2. Ярко освещенный склад класса А

ка, можно заметить большую разницу в освещении складов двух разных категорий.

А как освещать склады правильно? На складах применяются два вида освещения: естественное и искусственное, которые часто комбинируются. И если для естественного освещения требуются только дневной свет и окна, то на искусственное освещение склада уходит огромное количество дорогостоящей электроэнергии, и все заинтересованные в складском бизнесе люди хотят на ней сэкономить. Самое экономичное освещение в настоящее время – светодиодное, т. к. КПД светодиодов больше, чем у других источников света. Кроме того, оптика светодиодных светильников позволяет лучше распределить свет и сделать освещение достаточным и комфортным для зрения. Общие нормативы для освещения складов и требования к осветительным установкам прописаны в [1–10]. Достаточный уровень освещенности прописан в СП 52.13330.2011:

- для закрытых складов при наполном хранении (разряд зрительной работы VIб) минимальный уровень освещенности составляет 75 лк при использовании газоразрядных ламп и 50 лк – ламп накаливания;
- для стеллажного хранения (разряд зрительной работы VI-1) – 200 лк с газоразрядными лампами, 100 лк – с лампами накаливания.

Светодиодные светильники должны обеспечивать освещенность рабочих зон на складе в 100 лк. Комфорт для зрения определен в СП 2.2.1.1312–03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий».

Приведем важные требования к световым приборам из этого основополагающего документа.

«10.7. Для ограничения вредного воздействия на работающих отраженной блескости при проектировании осветительных установок необходимо предусматривать:

- использование источников света в осветительной арматуре (использование открытых ламп (в т. ч. светодиодов – прим. авторов) не допускается);

- применение светильников с экранирующими отражателями и рассеивателями (желательно применение специальных светильников уменьшенной яркости и увеличенной площади)».

Детальные требования к осветительным установкам также изложены в СП 2.2.1.1312–03. Из этого документа можно сделать следующие основные выводы:

- для комфортного освещения следует грамотно устанавливать светильники, соблюдать уровни освещенностей, соотношение яркости рабочей поверхности и яркости прилегающих к ней поверхностей, применять светильники с достаточным защитным углом или снижать их габаритную яркость при помощи рассеивателей;
- защитный угол светильника определяет ту зону пространства, в которой глаз защищен от непосредственного воздействия голых лампы. Его определяют измерением параметров и на образце светильника (см. рис. 3);

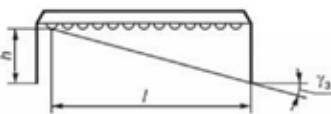


Рис. 3. Защитный угол определяется по параметрам образца светильника: h – минимальная высота светящегося тела источника света над горизонталью, проходящей через край выходного отверстия светильника или экранирующей решетки, мм; l – максимальное расстояние по горизонтали от основания высоты до края выходного отверстия светильника, или расстояние между соседними экранирующими элементами решетки, мм

- требования к защитному углу светильника определены в ГОСТ Р 54350–2011. «Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний»: «6.1.2. Светильники общего освещения производственных зданий должны иметь в нижней полусфере защитный угол γ_z не менее 15° ». Подробные требования к защитным углам в зависимости от габаритной яркости светильника приведены в ГОСТ Р 55710–2013. «Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений» (см. табл. 1).

Таблица 1. Требования к защитным углам в зависимости от габаритной яркости светильника

Яркость ИС, кд/м ²	Защитный угол, не более, °
Свыше 20 до 50 включительно	15
» 50 » 500 »	20
» 500	30

Примечание. Приведенные значения не распространяются на ОП отраженного света и ОП, расположенные ниже линии зрения.

Защитный угол светильника можно формировать не только элементами корпуса светильника, которые хорошо экранируют свет, но неэффективно поглощают драгоценные люмены света и киловатты электроэнергии. Гораздо выгоднее формировать защитный угол при помощи линз и рефлекторов, которые перенаправляют свет в заданном направлении и минимизируют его потери. Пример такой линзы и ее световой диаграммы представлен на рисунках 4–5.

Габаритная яркость определяется как отношение силы света в данном направлении к проекции площади



Рис. 4. Пример линз, которые перенаправляют свет в заданном направлении и минимизируют его потери

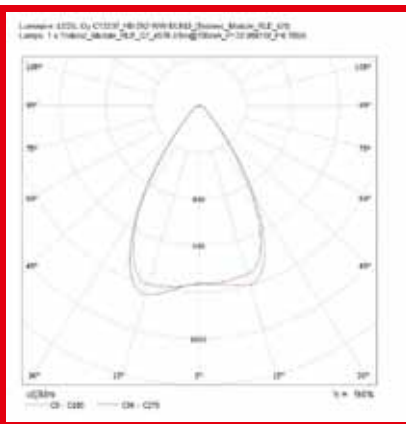


Рис. 5. Световая диаграмма линз

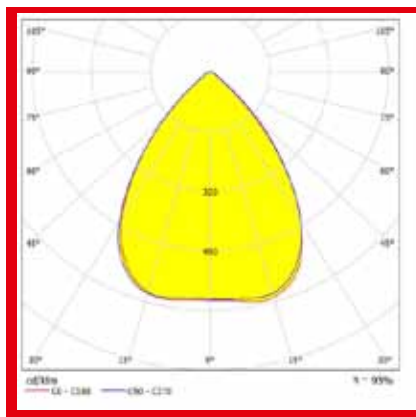
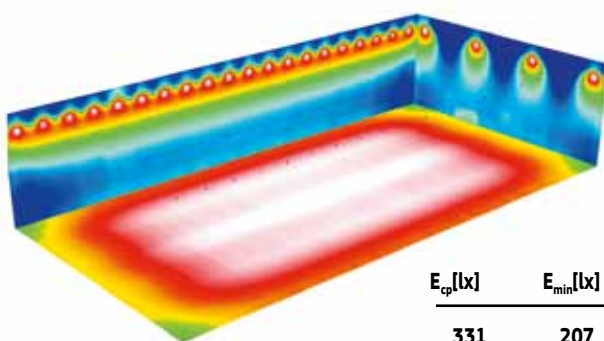


Рис. 6. Фото и световая диаграмма линзы FN14074_STELLA-HB



E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min}/E_{cp}
331	207	376	0,625

Рис. 7. Освещение склада с помощью линзы FN14074_STELLA-HB

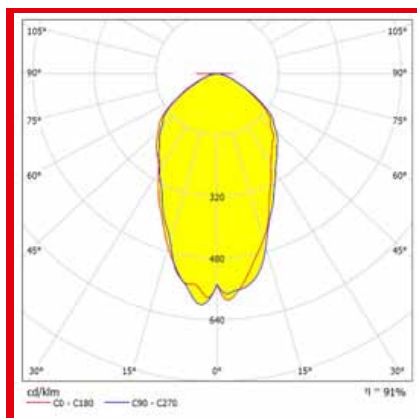
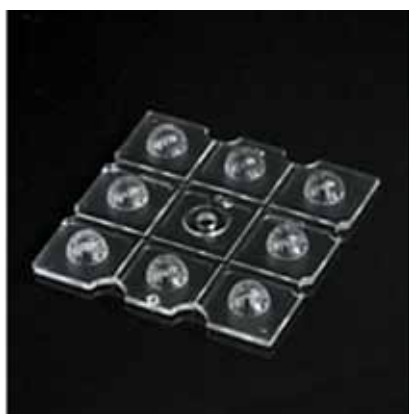
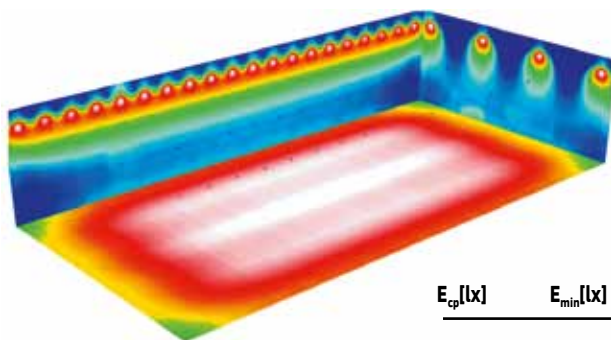


Рис. 8. Фото и световая диаграмма линзы C15184_STRADELLA-8-HB-M



E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min}/E_{cp}
361	203	409	0,563

Рис. 9. Освещение склада с помощью линзы C15184_STRADELLA-8-HB-M

светящейся поверхности светильника на это направление. Существующие нормативные документы не нормируют значения габаритной яркости светильников общего назначения для производственных помещений. Но жизнь оказалась намного разнообразнее бюрократических норм – на практике габаритная яркость светильников весьма заметно сказывается на производительности работы складов. На большинстве современных складов стеллажного хранения используются погрузчики для перемещения грузов. Поскольку водители погрузчиков вынуждены часто смотреть вверх, «бьющие по глазам» светильники очень мешают работать. В результате водители быстрее устают и чаще ошибаются. Исправление ошибок и снижение производительности труда оказываются дороже, чем установка качественного и комфортного освещения.

Для иллюстрации разницы значений габаритной яркости для разных светильников мы рассмотрим примеры симуляции (в программе Dialux) освещения склада светодиодными модулями с разной оптикой LEDIL. Размер склада: 24×48 м, высота подвеса светильников 10 м. Для начала осветим склад светодиодными модулями, состоящими из CoB-матрицы CXA3050 и линз FN14074_STELLA-HB (см. рис. 6–7). У этого решения следующие особенности:

- оптика обеспечивает необходимый защитный угол не менее 15°;
- для освещения склада достаточно небольшого количества светодиодных модулей – всего 80 шт., каждый из которых излучает 7920 лм при токе питания светодиодной матрицы 1,9 А;
- зависимость габаритной яркости от угла наблюдения для модуля с линзами FN14074_STELLA-HB представлена в таблице 2;

Таблица 2. Зависимость габаритной яркости от угла наблюдения для модуля с линзами FN14074_STELLA-HB

Угол наблюдения, °	Значение габаритной яркости, кд/м ²
0	70858
45	29693
55	7318
65	4622
75	4895
85	10857

- цена линзы FCA Finland: 4,97 евро, стоимость оптики для освещения всего склада: 397 евро.

Это решение можно применять для освещения в тех случаях, когда отсутствуют жесткие требования к габаритной яркости источников света.

Затем осветим склад модулями из 8 шт. светодиодов XT-E и линз C15184_STRADELLA-8-HB-M (см. рис. 8–9). Особенности решения:

- у линзы имеются небольшие горизонтальные пики в световой диаграмме. Для обеспечения защитного угла не менее 15° необходимо воспользоваться элементами корпуса светильника;
- для освещения склада достаточно 244 шт. светодиодных модулей. Световой поток каждого из них составляет 2680 лм при токе питания светодиодов 1 А;
- зависимость габаритной яркости от угла наблюдения для модуля с линзами C15184_STRADELLA-8-HB-M представлена в таблице 3;

Таблица 3. Зависимость габаритной яркости от угла наблюдения для модуля с линзами C15184_STRADELLA-8-HB-M	
Угол наблюдения, °	Значение габаритной яркости, кд/м ²
0	54676
45	23357
55	19448
65	10654
75	5508
85	3999

- цена линзы FCA Finland: 0,74 евро, стоимость оптики для освещения всего склада: 166 евро;
- габаритная яркость светодиодных модулей с линзами C15184_STRADELLA-8-HB-M в 1,5 раза меньше, чем у предыдущего варианта, но еще может вызывать дискомфорт для глаз водителей погрузчиков.

Осветим склад модулями из 33 шт. светодиодов 5630 и линз F14112_Florence-Z60 (см. рис. 10–11). Особенности решения:

- оптика обеспечивает защитный угол более 15°;
- для освещения склада необходимо 228 шт. светодиодных модулей. Световой поток каждого из них составляет 2650 лм при токе 0,18 А;



промисса можно увеличить световой поток линзы F14112_Florence-Z60, установив по два 0,5-Вт светодиода

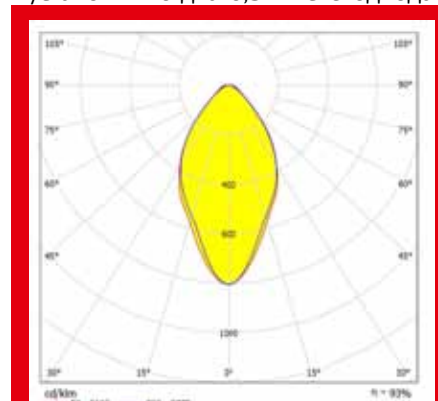


Рис. 10. Фото, световая диаграмма линзы F14112_Florence-Z60 и 33 светодиодов



E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min}/E_{cp}
331	207	376	0,625

Рис. 11. Освещение склада с помощью линзы F14112_Florence-Z60

- цена линзы FCA Finland: 2,46 евро, стоимость оптики для освещения всего склада: 561 евро;
- габаритная яркость светодиодного модуля подходит даже для офисного освещения;
- зависимость габаритной яркости от угла наблюдения для модуля с линзами F14112_Florence-Z60 В представлена в таблице 4.

Качественное и комфортное для зрения освещение имеет самую высокую себестоимость. В поисках ком-

под каждой оптической точкой. Световая диаграмма для такого варианта представлена на рисунке 12.

В этом случае для освещения склада достаточно всего 116 шт. светодиодных модулей. Световой поток каждого из них составляет 5300 лм при токе 0,18 А, стоимость оптики для освещения всего склада – 285 евро.

Зависимость габаритной яркости от угла наблюдения для модуля с линзами F14112_Florence-Z60 + 66 светодиодов представлена в таблице 5.

Таблица 4. Зависимость габаритной яркости от угла наблюдения для модуля с линзами F14112_Florence-Z60В + 33 светодиода	
Угол наблюдения, °	Значение габаритной яркости, кд/м ²
0	11327
45	3277
55	1817
65	1113
75	868
85	923

Таблица 5. Зависимость габаритной яркости от угла наблюдения для модуля с линзами F14112_Florence-Z60 + 66 светодиодов	
Угол наблюдения, °	Значение габаритной яркости, кд/м ²
0	18209
45	6069
55	3359
65	2095
75	1621
85	1417

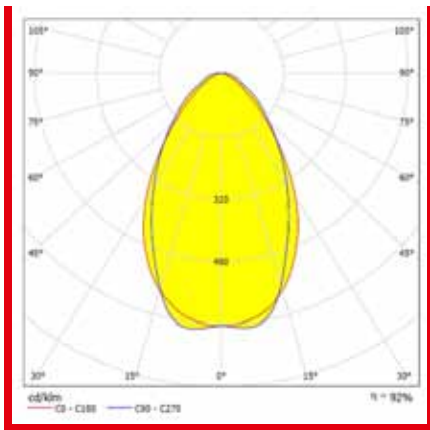


Рис. 12. Световая диаграмма линзы F14112_Florence-Z60 и 66 светодиодов

Проанализировав результаты, можно сделать следующие выводы. Источники света с высокой габаритной яркостью хорошо и равномерно освещают склад. Освещение полностью соответствует российским ГОСТам и СНиПам, но может субъективно не понравиться водителям погрузчиков и их руководству. В тех случаях, когда работникам склада нет необходимости часто смотреть вверх, выгоднее всего использовать линзы

C15184_STRADELLA-8-HB-M. Эти линзы представляются лучшим выбором для экономного освещения сундуков скарденного Коцея, упомянутых в начале статьи.

А наилучший комфорт для зрения дает сочетание 33 шт. светодиодов 5630 и линз F14112_Florence-Z60. Распределение габаритной яркости по большой площади позволит водителям погрузчиков смотреть вертикально вверх и не «ловить глазами зайчиков». Однако высокое качество освещения заметно увеличивает долю оптики в себестоимости системы. Такое решение является оправданным для освещения складов классов А и В с интенсивным грузооборотом.

Оптика FLORENCE-Z60 имеет практически равномерное распределение яркости по своей поверхности благодаря запатентованной технологии RZ, а возможность устанавливать два светодиода типа 5638/2835/3030 под каждой линзой значительно сокращает стоимость оптики и позволяет найти выгодный компромисс между ценой и качеством освещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 2.2.1.1312-03. Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий.
2. ГОСТ Р 54350-2011. Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний.
3. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.
4. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.
5. Московские городские строительные нормы МГСН 2.06-99. Естественное, искусственное и совмещенное освещение.
6. ГОСТ 50571.8-94. Электроустановки зданий. Требования по обеспечению безопасности.
7. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. М. НЦ ЭНАС. 2007.
8. НПБ 249-97. Светильники. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний.
9. ГОСТ 14254-96. Изделия электротехнические. Оболочки. Степени защиты.
10. Суворов Г. А. Освещение на производстве. Эколого-гигиеническая оценка и контроль. Издательство РАМН. 1998.