

УДК 628.984

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. И. КРАВЧЕНКО, Т. Н. САВКОВА

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Введение

Проектирование систем освещения (СО) на основе современных источников света (СИС) затруднено недостатком систематизированной информации по их световой эффективности, который обусловлен отсутствием прогресса в международной стандартизации этого направления и доступного по ценам измерительного оборудования. На сегодняшний день проектированию и производству СИС для промышленных предприятий в Республике Беларусь не уделяется должного внимания. Значительное количество современных источников света для промышленных предприятий импортируется. Поэтому возникает важная задача разработки рекомендаций по применению СИС для промышленных предприятий.

Метод коэффициента использования светового потока является одним из базовых ручных технологий в проектной практике. Обычно этот метод применяют для расчета средней освещенности расчетной поверхности в помещениях [1].

Применение только одного коэффициента использования светового потока (η_{ov}) не позволяет рационально подобрать кривую силы света (КСС) светового прибора, так как при этом часть рабочей поверхности просто не будет освещена. Равномерность распределения освещенности по расчетной поверхности, в соответствии с требованиями СНиП 23-05-95, учитывают, используя коэффициент неравномерности, равный отношению максимальной освещенности на площадке к средней [2]. Однако несовершенство данного показателя давно является предметом дискуссий, и в последнее время другие подходы были не только предложены, но и введены в нормативные документы [1].

Наряду с этим в мировой практике для оценки равномерности освещения предлагается использовать критериальную оценку и коэффициент вариации [3].

Критериальная оценка определяется как отношение числа расчетных точек N_c , удовлетворяющих данному критерию, к общему числу рассматриваемых точек N . Так, например, при нормировании средней освещенности $E_{\text{норм}}$, соответствующий критерий IL определяется как

$$IL = \frac{N_c}{N}, \quad (1)$$

где N_c – число расчетных точек, для каждой из которых выполняется условие:

$$E_i \geq E_{\text{норм}}.$$

Более совершенным является коэффициент вариации (CV), статистически учитывающий разброс значений $\{E_i\}$:

$$CV = \sigma(E)/E_{\text{cp}}, \quad (2)$$

где E_{cp} – среднее значение освещенности рабочей поверхности; $\sigma(E)$ – среднеквадратичное отклонение значений $\{E_i\}$ относительно E_{cp} :

$$\sigma(E) = \sqrt{\frac{1}{N(E_i - E_{\text{cp}})^2}}. \quad (3)$$

Целью настоящей работы является разработка комплексного способа оценки оптимальности светотехнической части осветительных установок промышленных объектов в разрезе современных энергоэффективных источников света.

Промышленный источник света имеет весьма широкую область применения. Это касается и геометрии помещений, и требований, предъявляемых к качеству света. Промышленное освещение сочетает склады различной продукции, сборочные участки, участки контроля и подготовки производства. В каждом случае – свои особенности и, соответственно, уникальные требования к качеству света. Таким образом, выяснить, какой светильник лучше, можно, только сравнивая их применительно к конкретному проекту.

Определение группы критериев для выбора наиболее оптимальной формы КСС из типовых видов и современной осветительной установки (ОУ) производился для цеха № 3 ОАО «РАТОН» (далее – цеха). Исходя из вышеизложенного, для выбора оптимальной КСС может быть использован $\eta_{o,y}$ совместно с оценкой равномерности освещения рабочей поверхности, которую следует проводить по коэффициенту равномерности и критериальной оценке. Расчет коэффициента использования светового потока целесообразно проводить методом прямой трассировки луча, используя современные пакеты светотехнического моделирования (Dialux, Lightscape и пр.). В общем виде алгоритм выбора оптимальной формы КСС для осветительной установки приведен на рис. 1.



Рис. 1. Алгоритм выбора оптимальной формы КСС для ОУ

Результаты светотехнических расчетов для цеха в соответствии с алгоритмом выбора приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты светотехнических расчетов для цеха с учетом типовых КСС

Тип КСС	$E_{\text{ср}}, \text{лк}$	$\eta_{\text{о.у.}}, \%$	$E_{\text{ср}}/E_{\text{max}}$	IL	$E_{\text{max}}/E_{\text{ср}}$	$E_{\text{min}}, \text{лк}$	$E_{\text{max}}, \text{лк}$
K1	214	88,36	0,899	0,85	1,112	101	238
K2	223	92,08	0,907	0,725	1,103	102	246
K3	231	95,38	0,868	0,509	1,152	110	266
Г1	206	85,06	0,862	0,755	1,160	106	239
Г2	212	87,54	0,865	0,619	1,156	104	245
Г3	218	90,01	0,886	0,509	1,128	104	246
Д3	195	80,52	0,867	0,682	1,154	109	225

Выбор оптимальной формы КСС графическим методом представлен на рис. 2.

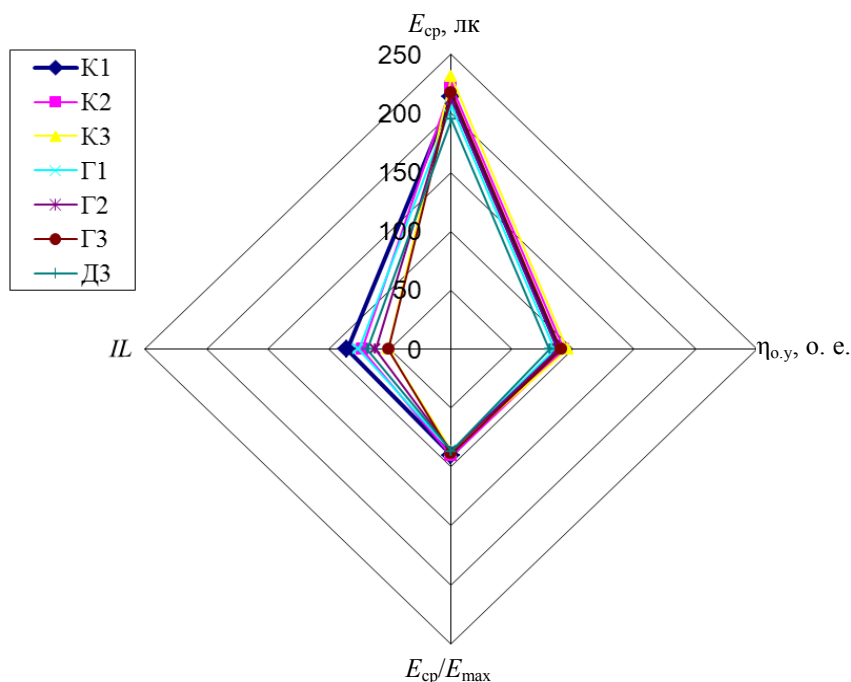


Рис. 2. Выбор оптимальной формы КСС графическим методом

Как видно из рис. 2, оптимальной для рассматриваемого помещения при заданный узлах расстановки светильников является КСС типа K1, а при ручном расчете по K2 из оптимального отношения расстояний между соседними светильниками или рядами к высоте их установки (L/H_p) [4]. Как видно из табл. 1, принятый на стадии ручного расчета оптимальным светильник с КСС типа K2 проигрывает по равномерности освещения расчетной поверхности. При этом необходимо отметить завышенное значение коэффициента использования светового потока, что возможно привело к снижению уровня освещенности $E_{\text{min}} < 200$ лк.

Из анализа светотехнических, энергетических характеристик и результатов моделирования с использованием программы Dialux по осветительным установкам следует, что наилучшими показателями для проектируемой системы освещения обладают светодиодные ОУ ДПО 12-40-113.15 ЗАО БЕЛИНТЕГРА, Factory M LED «Световые технологии», ИНВ 50-02-С-01 «Новый свет» и Tesla industrial-004-3600-

02-А Tesla Light Company из реализуемых на рынке Республики Беларусь. Светотехнический расчет СО с этими ОУ проводился по алгоритму выбора, в соответствии с рис. 1. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты светотехнических расчетов исследуемых светильников для цеха

Тип светильника, используемый в СО цеха	КСС	$E_{\text{ср}}$, ЛК	$\eta_{\text{о.у}}$, %	$E_{\text{ср}}/E_{\text{max}}$	IL	$E_{\text{max}}/E_{\text{ср}}$	E_{min} , ЛК	E_{max} , ЛК
1. ДПО 12-40-113.15 ЗАО Белинтегра		208	95,04	0,825	0,752	1,2115	102	252
2. Factory M LED «Световые технологии»		213	82,19	0,855	0,761	1,169	117	249
3. Tesla industrial-004-3600-02-А Tesla Light Company		208	92,01	0,848	0,804	1,1778	106	245
4. ИНВ 50-02-С-01 «Новый свет»		241	101,56	0,750	0,418	1,33	101	321

Выбор оптимальной ОУ графическим методом представлен на рис. 3.

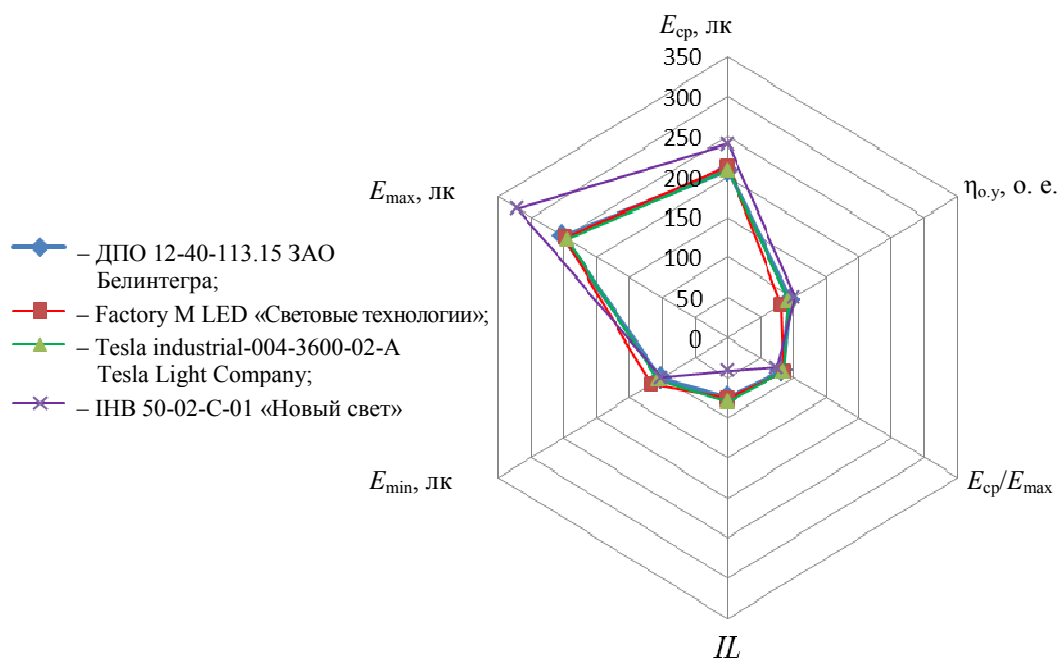


Рис. 3. Выбор оптимальной ОУ графическим методом

Как видно из табл. 2 и рис. 3, оптимальными ОУ для помещения цеха являются Tesla industrial-004-3600-02-A Tesla Light Company и ДПО 12-40-113.15 ЗАО Белинтегра. Светильник Factory M LED «Световые технологии» не подходит, так как характеризуется наименьшим значением коэффициента использования. Светильник ИВБ 50-02-С-01 «Новый свет» характеризуется самой низкой критериальной оценкой, указывающей на то, что количество расчетных точек N_c , удовлетворяющих заданным условиям освещенности, мало относительно общего числа рассматриваемых точек N .

Экономичность светильника ДПО 12-40-113.15 ЗАО БЕЛИНТЕГРА подтверждается результатами расчета, представленными в табл. 3.

Таблица 3

Результаты сравнения СО по экономическому аспекту

Тип светильника, используемый в СО цеха	ДПО 12-40-113.15 ЗАО БЕЛИНТЕГРА	Tesla industrial-004-3600-02-A
1. Стоимость светильника, р.	1271630	3042000
2. Общая стоимость установленного оборудования, р.	167855160	511056000
3. Количество светильников в установке	132	168
4. Потребляемая мощность, Вт	45	40
5. Годовой расход ЭЭ	3564	4536
6. Экономия э/э при замене ЛЛ светильников кВт · ч/год	17820	16848

Заключение

1. Определена группа критериев (коэффициент использования светового потока, коэффициент равномерности освещения, критериальная оценка) для выбора наиболее оптимальной формы КСС из типовых видов для цеха № 3 ОАО «РАТОН».

2. Разработан алгоритм выбора оптимальной формы КСС для ОУ.

3. Приведен комплексный способ выбора оптимальной формы КСС и оптимальной ОУ, учитывающий как количественные (коэффициент использования светового потока), так и качественные (равномерность) показатели ОУ.

4. Учитывая экономический аспект, для СО цеха № 3 ОАО «Ратон» был выбран светильник ДПО 12-40-113.15 ЗАО БЕЛИНТЕГРА.

Результаты работы могут способствовать более эффективному проектированию СО на основе СИС для промышленных предприятий.

Литература

1. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю. Б. Айзенберга. – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : Знак, 2006. – 972 с.
2. Евдасев, И. Коэффициент использования светового потока / И. Евдасев // Современная светотехника. Применение источников света. – 2010. – № 1. – С. 24–27.
3. The IESNA Lighting Handbook, 9-th Edition. IESNA, 2000.
4. Козловская, В. Б. Электрическое освещение / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – Минск : Техноперспектива, 2008. – 271 с. : ил.

Получено 02.11.2012 г.