

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ ПО СОВОКУПНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ДАННЫХ

This article are considered aspects of estimation of efficiency of electric-lighting devices with the method of multicriterial ranging. Received results can be applied to solving the problem of choice devices.

Современное человеческое общество немислимо без повсеместного использования света. Без средств освещения невозможна работа предприятий, транспорта, сельского хозяйства, жизнь города и села.

Одним из направлений энергосбережения является эффективное использование энергии за счет применения энергосберегающей светотехники. Ежегодно в Беларуси на все виды освещения затрачивается более 6 млн. кВт/ч, в том числе в промышленности около 1,2 млн. кВт/ч. Поэтому очевидна важность использования современного энергосберегающего осветительного оборудования.

В настоящее время много пишут и говорят об эффективности оборудования, но под ней понимают в первую очередь экономичность электроэнергии, а во вторую – стоимость [1]. Иногда наоборот, но эти две составляющие обязательно присутствуют. За последние 10 лет на 40% увеличилось число болезней органов зрения. Среди основных причин – экономия электроэнергии на освещение, оптическое излучение его ультрафиолетового или инфракрасного спектра. Однако в последнее время все чаще уделяют внимание созданию оптимальных условий для зрительной работы человека.

Очевидно, что количественный показатель качества осветительной установки является интегральным, многофакторным.

Показатель качества осветительной установки можно представить следующими составляющими: показатель качества осветительной арматуры, показатель качества источника света и показатель качества пускорегулирующей аппаратуры.

Осветительная арматура характеризуется техническими параметрами, перечисленными в табл. 1. Из приведенных параметров коэффициент полезного действия осветительной арматуры относится к экономическим показателям, а класс по светораспределению, кривая света, защитный угол, габаритная яркость – к социальным.

Пускорегулирующая аппаратура (ПРА) характеризуется экономическими показателями: потеря мощности, коэффициент мощности,

влияние на срок службы источника света, и социальными: пульсация светового потока, звуковое давление (шум).

Источник света – лампа – характеризуется экономическими показателями: мощность лампы, световой поток, световая отдача. Цвет свечения – социальный показатель.

В данной работе методом многофакторного ранжирования, изложенного в работе [2], определены показатели качества осветительной арматуры, ПРА, люминесцентных ламп, а также осветительной арматуры и ПРА в совокупности. Согласно используемому методу, если имеется N объектов x_1, x_2, \dots, x_N , то каждому объекту присущи S параметров, выраженных количественно, т. е. имеется дискретный набор значений: $f_{11}, \dots, f_{1N}, \dots, f_{s1}, \dots, f_{sN}$, где f_{ij} – значение i -го параметра для j -го объекта (i меняется от 1 до s , j меняется от 1 до N).

Каждый параметр определенным образом влияет на показатель качества выбранного устройства. Необходимо, зная параметры оборудования, рассчитать этот показатель.

Первоначально формулируется задача нечеткого математического программирования, в которой определяются $\mu'(x_j)_1, \dots, \mu'(x_j)_N$ – функции принадлежности элемента x_j ко множеству A_i , характеризующие степень близости значения i -го критерия в рассматриваемой пробной точке $f_{ij} = f(x_j)$ к максимально допустимому значению данного критерия.

На основе полученных значений функций принадлежности для каждого типа оборудования рассчитывается агрегирующая функция, которая и будет являться показателем качества.

При использовании метода многокритериального ранжирования возникает необходимость исследования исходных данных (технических параметров оборудования).

В основу расчета кладется экспертная оценка качества оборудования. Эксперт выбирает оборудование наилучшего качества, значение функции принадлежности которого принимается за 1,0. Оборудование среднего качества оценивается в 0,5; оборудование самого низкого качества – 0. Значения функции принадлежности для остальных образцов оборудования оцениваются в пределах между 1 и 0.

Осветительная арматура

Наименование параметра	Значения параметров, соответствующие узловым точкам функции принадлежности				
	ЛПО 25	ЛПО 26	ЛПО 63	ЛПО 66	ЛПО 70
Класс по светораспределению $K_{ср, max}$	40,00	60,00	80,00	88,00	90,00
Класс по светораспределению $K_{ср, min}$	20,00	40,00	60,00	80,00	88,00
Показатель кривой света, $K_{ср, max}$	3,00	2,00	1,20	3,00	3,00
Показатель кривой света, $K_{ср, min}$	2,00	1,30	1,00	2,00	2,00
Защитный угол, град.	30,00	45,00	60,00	90,00	90,00
Габаритная яркость, кд	2000	3000	3000	5000	5500
Коэффициент полезного действия, %	57	60	63	60	70
Показатель качества	0,296	0,359	0,508	0,680	0,803

Как следует из табл. 1, наибольший показатель качества имеет осветительная арматура ЛПО 70 – светильник с зеркальным отражателем, показатель качества 0,803.

Таблица 2

Пускорегулирующая аппаратура

Наименование параметра	Значения параметров, соответствующие узловым точкам функции принадлежности		
	СК	ЭМ	ЭПРА
Коэффициент мощности	0,6	0,83	0,93
Экономия электроэнергии, %	0,00	18,00	30,00
Показатель качества	0,200	0,495	0,985

Для пускорегулирующей аппаратуры наилучший показатель качества, как и следовало ожидать, у электронной аппаратуры – 0,985.

В табл. 3 приведены данные по люминесцентным светильникам, выпускаемым московскими и рижскими заводами.

Такая оценка является субъективной. Для получения наиболее достоверных результатов предлагается значения функций принадлежности определять следующим образом:

– вычислить арифметическую сумму показателей для каждого образца оборудования;

– значение функции принадлежности оборудования с наилучшим уровнем качества принять за 1,00 (эталонное оборудование);

– значения функций принадлежности остального оборудования определять отношением арифметической суммы их показателей к арифметической сумме эталонного образца.

В данной работе исследовалась осветительная арматура люминесцентных светильников для общественных помещений (ЛПО): ЛПО 25, ЛПО 26, ЛПО 63, ЛПО 66, ЛПО 70.

Пускорегулирующая аппаратура – стартер (СК), электромагнитная аппаратура (ЭМ) и электронная (ЭПРА).

Источники света – люминесцентные лампы дневного света (ЛД), лампы дневного света с улучшенной цветоотдачей (ЛДУ), лампы теплого света (ЛТД), лампы холодных тонов (ЛХБ), лампы белого света (ЛБ).

Исследования показали, что наилучшую точность для данного класса объектов дает построение функций принадлежности в виде полиномов второй степени: $y = ax^2 + bx + c$. С помощью опций среды Excel и программ на языке Visual Basic for Application были определены коэффициенты a , b , c и вычислены функции принадлежности. Далее по формуле среднего геометрического рассчитывалось значение агрегирующей функции принадлежности, которая и является показателем качества.

Получив показатели качества сравниваемых образцов осветительного оборудования, можно определить эффективность замены устаревших образцов новыми. Эти показатели качества характеризуют сравниваемые образцы оборудования как по экономии электрической энергии, так и по различным социальным параметрам, что является немаловажным при эксплуатации осветительной установки.

Метод позволяет более точно оценить преимущества и недостатки сравниваемых устройств, дает возможность сравнивать устройства по значительному количеству показателей, не снижая при этом точности оценки.

Кроме того, появляется возможность оценить сходные образцы и определить, насколько обоснованно установлена цена каждого конкретного образца.

Исходные данные и результаты расчетов приведены в табл. 1, 2, 3, 4.

Таблица 3
Люминесцентные светильники

Наименование параметра	Значения параметров, соответствующие узловым точкам функции принадлежности				
	ЛДУ	ЛД	ЛТД	ЛХБ	ЛБ
Световой поток, лм: номинальный	2100	2340	2580	2600	3000
минимальный	1890	2105	2320	2340	2700
Световая отдача, Вт/лм	52,5	58,5	69,5	69,5	75,0
Индекс цветопередачи	0,01200	0,01090	0,0143	0,0161	0,0175
Показатель качества	0,132	0,336	0,564	0,628	0,854

Наилучший показатель у люминесцентных ламп имеет лампа белого света (показатель качества 0,854). Остальная аппаратура имеет более низкие коэффициенты эффективности.

Располагая количественными показателями качества осветительной арматуры, пускорегулирующей аппаратуры, источников света, можно сопоставить варианты осветительных установок:

- с разными источниками света и одной и той же арматурой;
- с разной арматурой и одинаковым источником света;
- с разными источниками света и разными арматурами.

В табл. 4 приведены данные по расчету показателей качества для осветительной и пускорегулирующей аппаратуры в совокупности. Все сравниваемые светильники имеют люминесцентные лампы ЛБ 2Х40.

При сопоставлении по показателю качества можно выбрать наилучшую электроосветительную установку. Из расчетов следует, что наилучший показатель качества у светильника ЛПО 70 с ЭПРА 0,827. Самый низкий – у светильника ЛПО 25 со стартером.

Естественно, что немаловажным фактором при определении эффективности осветительного оборудования является его цена. Рассчитав показатели качества и, зная цену оборудования, можно сопоставить и эти показатели.

Таким образом, предложенный метод дает количественную оценку различным образцам осветительного оборудования по техническим параметрам.

Таблица 4
Осветительная арматура и ПРА

Наименование параметра	Значения параметров, соответствующие узловым точкам функции принадлежности				
	СК	ЭМ	ЭМ	ЭПРА	ЭПРА
Класс по светораспред. $K_{ср}$:					
max	40,00	60,00	80,00	88,00	90,00
min	20,00	40,00	60,00	80,00	88,00
Показатель кривой света $K_{св}$:					
max	3,00	2,00	1,20	3,00	3,00
min	2,00	1,30	1,00	2,00	2,00
Защитный угол, град.	30,00	45,00	60,00	90,00	90,00
Габаритная яркость, кд	2000	3000	3000	5000	5500
Коэф. полезного действия, %	57	60	63	60	70
Коэффициент мощности	0,8	0,83	0,83	0,93	0,93
Экономия электроэнергии, %	0	18	18	30	30
Показатель качества	0,271	0,376	0,492	0,727	0,827

Использование при расчете компьютеров позволяет легко сопоставлять варианты замены одних устройств другими, т. е. профессионально решать вопросы о замене низкоэффективных образцов осветительного оборудования высокоэффективными, что поможет добиться максимальной экономии электрической энергии.

Литература

1. Кириленко А. И. Нормирование освещения и энергоэффективность // Энергия и менеджмент. – Мн., 2001. – № 3. – С. 23–25.
2. Краевская Н. П., Пустовалова Н. Н. Особенности применения метода многокритериального ранжирования при оценке эффективности электрооборудования // Труды БГТУ. Сер. III. Физ.-мат. наук и информ. – 2003. – Вып. XI. – С. 157–161.