

2. Головки В.Ф., Візник Р.І. Нові технічні системи розвантаження напіввагонів // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті – 2002. – №3. – С. 24-26.

3. Головки В.Ф., Дунай Л.М., Візник Р.І. Дослідження кінематики перекидання кузова піввагона при розвантаженні у підвищеному положенні // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. Вип. 50. – Харків УкрДАЗТ, 2002. – С. 60-65.

4. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм. – М.: ВНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – С. 310.

Отримано 15.01.2003

УДК 628.94

Ф.П.ГОВОРОВ, д-р техн. наук, В.Ф.РОЙ, д-р физ.-матем. наук,
А.И.ТОКМАНЬ

Харьковская государственная академия городского хозяйства

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПРИЗМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ

Рассматриваются вопросы повышения эффективности использования электроэнергии в современных осветительных установках за счет совершенствования оптических систем световых приборов.

Проблема энергосбережения в осветительных установках (ОУ) во всех странах мира приобрела в последние годы большое значение. Перспективными направлениями снижения энергопотребления в ОУ являются существенное повышение качества освещения, улучшение светораспределения, яркости в поле зрения, повышение равномерности освещенности, выбор правильного направления распределения света, создание необходимого тенеобразования. Применяемые в настоящее время системы светораспределения часто не отвечают требованиям эффективного использования электроэнергии. Основным источником потерь световой энергии, генерируемой источником света (ИС), является нерациональная конструкция световых приборов (СП), обусловленная использованием светотехнических схем, основанных на принципах рассеяния светового потока источника. Это приводит к значительным потерям энергии излучения из-за поглощения его таким материалом, как глушеное стекло, поглощающее до 45% светового потока ИС. Массово выпускаемые светильники для помещений с нормальными условиями внешней среды и закрытым световым отверстием рассеивателя из-за осаждения пыли на внутренней поверхности дополнительно снижают световой поток, что еще больше уменьшает КПД таких СП. При этом не учитывается фактор снижения светового потока вследствие повышения температуры ИС.

Другой важной причиной низкой эффективности современных СП является использование некачественных светотехнических мате-

риалов, имеющих низкую тепло- и светостойкость и ограниченный срок эксплуатации. Под влиянием температуры, света и влаги они быстро теряют светопропускающие свойства, что приводит к ухудшению качества освещения, снижению до недопустимого уровня освещенности объекта, увеличению объема работ по эксплуатационному обслуживанию и, в конечном итоге, к выходу СП из строя задолго до нормируемого срока службы.

Перспективным направлением реализации программы повышения технического уровня светотехнических изделий являются использование при проектировании оптической части СП преломлятелей света из светопропускающих или слегка приглушенных материалов и категорический отказ от применения традиционных рассеивателей света замутненными, глушеными либо матированными материалами с коэффициентом пропускания менее 70%. Использование принципов преломления света для получения требуемого светораспределения с помощью светопрозрачных материалов позволяет повысить КПД СП на 8-15%, что является значительным достижением в программе повышения эффективности ОУ.

Проблема широкого использования светораспределяющих систем на основе прозрачных светопреломляющих призматических элементов состоит в недостаточно эффективной технологии их изготовления и сложности оптического расчета, в частности аберраций таких систем и коррекционных возможностей их элементов. Это необходимо для определения величины суммарных аберраций компонентов системы и пределов их возможного варьирования. Для оптической системы, состоящей из n преломляющих элементов, аберрационный расчет в большинстве случаев проводится по компонентам, поэтому, установив все компоненты системы и вычислив примерные величины их аберраций, нужно произвести расчет аберраций отдельных компонентов. Однако такая методика расчета справедлива лишь для аберраций третьего порядка. Продольные же аберрации, включая хроматизм положения, продольную сферическую аберрацию, астигматизм и кривизну поля изображения, необходимо рассчитывать методом переноса из пространства предметов в пространство изображений посредством их умножения на продольное увеличение. Обозначив суммарную продольную аберрацию через δS , для системы из n компонентов получим [1]

$$\delta S_n = \delta S'_1 \prod_2^n \beta_0^2 + \delta S'_2 \prod_3^n + \dots + \delta S'_{n-1} \beta_{0n} + \delta S'_n,$$

где $\beta = \Delta \ell' / \Delta \ell$ – линейное или поперечное увеличение оптической

системы, равное отношению величины изображения $\Delta l'$ к величине объекта Δl . Аберрации поперечные, хроматизм увеличения, дисперсии переносим из пространства предметов в пространство изображений их умножением на величину линейного увеличения. Тогда для системы из n элементов суммарная аберрация будет равна

$$\delta g'_n = \delta g'_1 \prod_2^n \beta_0 + \delta g'_2 \prod_3^n + \dots + \delta g'_{n-1} \beta_{0n} + \delta g'_n.$$

Суммирование аберраций будем проводить по ходу одиночного луча, проходящего через всю систему. При суммировании в области аберрации третьего порядка суммарная продольная аберрация определяется по ходу первого паракиального луча, в то время как поперечная – по ходу второго паракиального луча. Для обращаемой системы продольная аберрация в изображении преобразуется в предметную $\bar{\delta S}'_1$, изменяя знак: $\bar{\delta S}' = -\bar{\delta S}_1$. При этом продольная аберрация в изображении в обратном ходе при отсутствии аберрации предмета будет равна: $\bar{\delta S}' = (1/\beta_0^2)\bar{\delta S}'$, где $\bar{\beta}_0$ – определяется в прямом ходе лучей. Для оборачивающей системы из двух компонентов продольная и поперечная аберрации будут равны:

$$\bar{\delta S}' = \bar{\beta}_{01}^2 \bar{\beta}_{02}^2 \bar{\delta S}_1 + \bar{\delta S}_2; \quad (1)$$

$$\bar{\delta g}' = \bar{\beta}_{01} \bar{\beta}_{02} \bar{\delta g}_1 + \bar{\delta g}_2, \quad (2)$$

где $\bar{\beta}_{01} = \infty$, $\bar{\beta}_{02} = 0$. Неопределенность произведения $\bar{\beta}_{01} \bar{\beta}_{02}$ можно установить, используя инвариант Лагранжа – Гельмгольца I_0 для системы [2]:

$$n_1 \ell_1 \alpha_1 = n'_2 \ell'_2 \alpha'_2 = I_0,$$

где $\alpha_1 = h_1 / f_1 = -h_1 / f'_1$ и $\alpha'_2 = h_2 / f'_2$.

Для воздуха: $\beta_{01} \beta_{02} = \ell'_2 / \ell_2 = \alpha_1 / \alpha'_2$. Поскольку $h_1 = h_2$, то $\beta_{01} \beta_{02} = -f'_1 / f'_2$. Тогда выражения (1), (2) примут вид

$$\bar{\delta S}' = (f'_2 / f'_1)^2 \bar{\delta S}_1 + \bar{\delta S}'_2,$$

$$\bar{\delta g}' = -(f'_2 / f'_1) \bar{\delta g}_1 + \bar{\delta g}'_2$$

или при $f_1 = f_2$

$$\bar{\delta S}' = \bar{\delta S}_1 + \bar{\delta S}'_2,$$

$$\delta\bar{g}' = -\delta\bar{g}_1 + \delta\bar{g}'_2,$$

откуда следует, что продольная aberrация системы равна сумме aberrаций элементов системы, а поперечная – разности aberrаций элементов.

Как известно, отражательные призмы обладают положительной сферической aberrацией, астигматизмом и кривизной поля и действуют благоприятно на все aberrации и оптические системы. Методика расчета aberrаций третьего порядка дает только первое приближение в расположении точек пересечения лучей с плоскостью параксиального изображения и, следовательно, величины aberrаций. Более точно величину aberrаций можно получить, учитывая в разложении члены более высоких порядков. Количество независимых монохроматических aberrаций равно [2]: $t = (n + 3)(n + 5)/8 - 1$, где $n = 1, 3, 5, \dots$. При этом для третьего порядка будет 5 независимых aberrаций, для пятого – 9, седьмого – 14 и т.д. При расчете aberrации необходимо приравнивать последовательно все коэффициенты разложения нулю, кроме одного, далее рассматривать расположение точек пересечения лучей с плоскостью параксиального изображения. Уравнения для aberrаций седьмого и более высоких порядков будут иметь более сложный вид.

Из теории aberrаций высших порядков следует [2], что большие aberrации (порядка $2t+1$), вносимые поверхностью $V+1$, могут возникать из-за большой величины aberrаций низкого порядка у системы, предшествующей $(V+1)$ -й поверхности, а также из-за больших частных производных aberrаций $2t-1$ и ниже поверхности $(V+1)$ по аргументам m_V, M_V, ℓ_V . В частности, большие aberrации пятого порядка, образуемые $(V+1)$ -й поверхностью, могут возникать из-за больших aberrаций третьего порядка предшествующей системы, а также самой поверхности. Таким образом, для получения малых величин aberrаций пятого порядка на всех поверхностях необходимо, чтобы коэффициенты aberrаций третьего порядка на всех поверхностях и сумма коэффициентов aberrаций системы, состоящей из поверхностей, были достаточно малы.

Точное нахождение величины aberrации необходимо при конструкторской проработке и расчете оптических систем СП. Основной задачей при этом является нахождение математической зависимости между входными координатами луча и поперечными aberrациями, что позволит получить систему уравнений, пригодную для точного расчета параметров оптической системы светильника.

2. Апенко М. И., Дубовик А.С. Прикладная оптика. – М.: Наука, 1985. – 391 с.

Получено 16.12.2002

УДК 621.327.534

В.Г.БРЕЗИНСКИЙ, И.А.ДРОБОТ, кандидаты техн. наук,
К.К.НАМИТОКОВ, д-р техн. наук, В.Ф.ХАРЧЕНКО, канд. техн. наук
Харьковская государственная академия городского хозяйства

ДОЗАТОР РТУТИ ДЛЯ ТРУБЧАТЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП

Рассматривается возможность введения ртути в трубчатую люминесцентную лампу в процессе производства путем выдавливания ртути через малое отверстие непосредственно в колбу с помощью управляемого электромагнитом поршня с элементом из ферромагнитного материала. При этом используется меньшая величина плотности материала поршня по сравнению с плотностью ртути.

Неотъемлемым элементом среды, наполняющей колбу трубчатой люминесцентной лампы, является ртуть. Широкое распространение этих ламп создает ряд экологических и связанных с ними технических проблем, обусловленных наличием ртути. Одной из этих проблем является обеспечение оптимального количества содержащейся в колбе ртути. Это количество диктуется, с одной стороны, нормальным функционированием лампы, а с другой – минимальным ущербом, наносимым окружающей среде возможным попаданием в нее ртути [1]. В конечном итоге проблема упирается в технологию введения ртути в колбу лампы. Именно технология определяет точность дозирования ртути. Естественно, что в процессе производства ламп не безразлично, какой ценой достигается требуемая точность и, соответственно, каковы допустимые отклонения от оптимальной величины содержащейся в лампе ртути. Кстати, общий уровень технологии изготовления всей лампы, определяющий ее качество, сказывается и на допустимых отклонениях (преимущественно в сторону увеличения) количества вводимой в лампу ртути.

В стремлении повысить точность дозирования ртути преобладают технические решения, основанные на отказе от капельно-жидкой дозировки. Одним из таких решений является введение ртути в твердом состоянии. Хотя такой способ в принципе может быть реализован, но его применение значительно усложняет технологию изготовления ламп. Температура плавления ртути составляет $-38,9$ °С, поэтому использование ее в твердом состоянии требует применения специальной криогенной установки. Размещение строго дозированного количества ртути в герметично закрытых ампулах с установкой последних внутри лампы и последующим разрушением оболочки ампулы после гермети-