

ствляется метрологическая аттестация отраслевых средств измерений. Так, за 1978—1981 гг. аттестовано несколько десятков приборов и установок (люксметр ведомственного назначения, фарометр, установка для поверки импульсных фотометров, распределительный и шаровой фотометры, установка для контроля формы отражателей, полуавтомат для проверки электрических характеристик ПРА и др.).

При проведении аттестации ОСИ организации и предприятия отрасли испытывают затруднения в части разработки методик и проведении аттестации средств измерений, являющихся трудоемким процессом и требующих наличия высококвалифицированных специалистов. По-прежнему актуальными остаются разработка и выпуск фотометрических приборов отраслевого назначения, специализированных средств испытаний. Их разработка велась ранее и она будет продолжена. Так, например, НПО «Агроприбор» совместно с ВНИСИ в настоящее время осуществляется разработка радиометра для УФ и ФАР областей. Созданы фотометры ФЭСС и ИФИ для импульсных световых приборов, ведутся работы по их выпуску. Решается задача по созданию автоматизированных гониофотометров для фотометрирования источников света и светильников. Введение их в эксплуатацию одновременно с разработкой соответствующей нормативно-технической документации на испытания светотехнической продукции — одна из важных задач метрологов.

Как известно, на ВНИСИ возложены функции головной организации по государственным испытаниям светотехнических изделий. Это требует дальнейшего повышения уровня метрологического обеспечения, расширения объема метрологических работ. Анализ механических, климатических и тепловых средств испытаний показывает, что еще не все виды этих испытаний обеспечены стандартными средствами. Требуется также доработка документации на них и аттестация. Отметим, что ВНИСИ начаты работы по аттестации испытательного оборудования. Внедрение системы аттестации испытательного оборудования [6] потребует серьезных усилий метрологов, в части оказания помощи испытательным службам предприятий по разработке программ и методик аттестации, а также участия в проведении аттестации. Как указывалось выше, необходимо разработать (модернизировать) и

организовать выпуск необходимого количества нестандартизованных средств измерений, испытаний и контроля. Для этого на их производстве следует специализировать ряд предприятий отрасли. Актуальным для отрасли является внедрение СТ СЭВ 1052-78 (ГОСТ 8.417-81) «Метрология. Единицы физических величин», предусматривающее исключение из нормативно-технической документации нестандартных единиц измерений, соответствующих методов, методик и приборов.

Территориальные метрологические органы и приборомонтные предприятия Госстандарта не в полной мере обеспечивают поверку и ремонт всей номенклатуры средств измерений, применяемых на предприятиях. Поэтому необходимо организовать систему ведомственной кооперированной поверки рабочих средств измерений, опирающуюся на наиболее развитые метрологические службы электротехнической промышленности.

Перечисленные задачи не могут, по нашему мнению, быть решены в полном объеме только силами базовых организаций — ВНИСИ и ВНИИС. Необходима специализация предприятий отрасли по видам измерений, включая выпуск и поверку нестандартизованных средств измерений, испытаний и контроля на самих предприятиях.

Совершенствование метрологического обеспечения будет способствовать дальнейшему прогрессу светотехнической промышленности в 11-й пятилетке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитин Ю. А. Реализация заданий программы метрологического обеспечения электротехнической промышленности. — Измерительная техника, 1981, № 2, с. 16—17.
2. ГОСТ 1.25-76. Государственная система стандартизации. Метрологическое обеспечение. Основные положения.
3. РДТП 54-75-57-75. Типовые положения о ведомственных метрологических службах.
4. РДМУ 101-77. Методические указания по разработке, согласованию и утверждению программ метрологического обеспечения отраслей народного хозяйства.
5. ГОСТ 8.023-74. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений световых величин.
6. ГОСТ 24555-81. Система государственных испытаний продукции. Порядок аттестации испытательного оборудования. Основные положения.

УДК 628.94.001.24

ПОСТРОЕНИЕ ЗЕРКАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СВЕТИЛЬНИКА С ПРОТЯЖЕННЫМ ИСТОЧНИКОМ

А. А. КОРОБКО, инж.,
О. К. КУЩ, канд. техн. наук

Всесоюзный светотехнический институт

При разработке эффективных световых приборов с зеркальными отражателями основной задачей является определение необходимой формы этого элемента, обеспечивающего требуемое светораспределение.

Известны два основных подхода к решению этой проблемы. Первый, известный как метод баланса потоков [1, 2], базируется на дифференциальном уравнении зеркальной поверхности и уравнении баланса падающих и отраженных световых потоков. Существенным недостатком этого метода является допущение о точечной малости источника света, что приводит к расхождению между заданным и рассчитанным светораспределением при учете размеров источника. Для устранения указанного различия прибегают к корректировке формы

рассчитанного отражателя. Подобная корректировка представляет собой, грубо говоря, обычный метод проб и ошибок. Второй подход, названный методом заполнения заданной кривой силы света зональными кривыми [3], основан на идее постепенного набора зон отражателя, кривые силы света которых заполняли бы необходимую кривую силы света всего отражателя. Однако его реализация на практике вызывает большие затруднения, поскольку эта методика не содержит четкой и однозначной последовательности действий, ведущих к результату, т. е. не является сходящимся алгоритмом. Кроме того, отсутствует ответ на один из самых важных вопросов — всякое ли светораспределение можно реализовать и какой класс кривых может быть достаточно точно воспроизведен, предполагая вариации основных исходных параметров отражателя при заданном источнике света.

Отмеченные недостатки обоих методов вызвали необходимость поиска решения указанной задачи. Был разработан принципиально новый метод построения зеркальной поверхности отражателя.

Рассмотрим основные положения метода на примере решения традиционной для световых приборов задачи — расчете профиля зеркальной поверхности осесимметричного отражателя по заданной кривой силы света. Для иллюстрации метода в качестве источника выберем соосно расположенный излучатель цилиндрической фор-

мы, являющийся геометрическим эквивалентом горелок металлогалогенных ламп.

Расчет состоит из двух стадий. На первой определяется часть отражателя, которая создает требуемое значение силы света $I_{\text{тр}}(a_0)$ * в начальном нулевом направлении a_0 . Для этого необходимо подобрать такой профиль, чтобы падающие из различных точек меридионального сечения источника лучи, отразившись от отражателя, образовали пучок лучей, параллельных направлению a_0 , причем крайние лучи пучка должны исходить из крайних точек источника. На рис. 1 показана схема формирования изображения, которая может быть названа «перекрестной»: нижний край источника отображается верхней точкой отрезка отражателя, а верхний — нижней кромкой.

Для получения уравнения профильной кривой отражателя, отвечающего описанным условиям, необходимо связать уравнение зеркальной поверхности с уравнением перемещения падающего луча. При выбранной схеме падающий луч перемещается по источнику, а не фиксируется в одной точке (полюсе), как это имело место в случае точечного источника. Поэтому уравнение зеркальной поверхности удобно записать в декартовой системе координат:

$$dz/dx = -\tan \frac{\varphi + a_0}{2}, \quad (1)$$

где φ — угол между падающим лучом и положительным направлением оси z (рис. 2). Этот угол связывает координаты точки на отражателе (x, z) с координатами точки на источнике (x_s, z_s) . Учитывая, что $x_s = d/2$, где d — диаметр источника, имеем

$$\varphi = \arctan \frac{x - \frac{d}{2}}{z - z_s}. \quad (2)$$

Закономерность перемещения падающего луча может быть выбрана достаточно произвольной. Главное, что при этом должно выполняться «граничное» условие: удовлетворение значения силы света $I_{\text{тр}}(a_0)$.

Связем непосредственно координаты источника и изображения, используя новую переменную h , характеризующую размер изображения источника в меридиональном сечении (рис. 3). В общем случае перемещение падающего луча по источнику можно выразить некоторой функцией $T(z_s)$. Тогда

$$dh = c(a_0)T(z_s)dz_s, \quad (3)$$

где $c(a_0)$ — масштабный множитель.

Отметим, что (3) по существу отображает закономерность формирования изображения источника зеркальным отражателем по направлению a_0 .

Функция $T(z_s)$ может быть выбрана произвольно,

* Здесь и далее под $I_{\text{тр}}(a)$ понимается сила света отражателя без учета прямого потока источника.

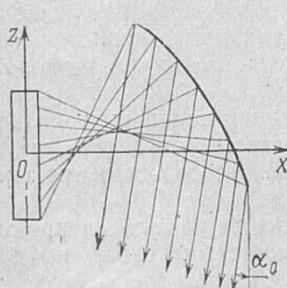


Рис. 1. Схема хода лучей нулевой зоны отражателя.

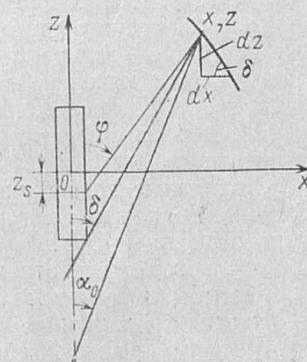
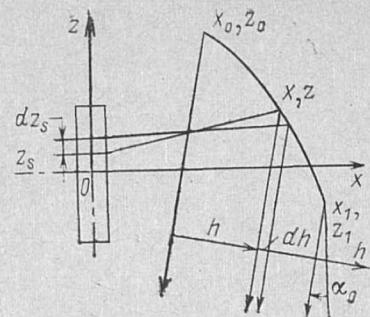


Рис. 2. К выводу уравнения зеркальной поверхности.

Рис. 3. К выводу уравнения перемещения падающего луча.



что, с одной стороны, приводит к многозначности решения данной задачи, а с другой — дает некоторую степень свободы в получении желаемых свойств зеркальной поверхности в заданном направлении. Однако для задачи построения зеркальной поверхности отражателя без ущерба для общности можно ограничиться случаем $T(z_s)=1$, тогда

$$dh = c(a_0)dz_s. \quad (4)$$

В этом случае $c(a_0)$ приобретает простой физический смысл: он равен коэффициенту увеличения размера источника в меридиональном сечении по направлению a_0 .

Величину dh нетрудно выразить через приращения координат профиля dx, dz , продифференцировав выражение

$$h = (x - x_0) \cos \alpha_0 - (z - z_0) \sin \alpha_0, \quad (5)$$

определенное из рис. 3 по переменной h

$$dh = dx \cos \alpha_0 - dz \sin \alpha_0. \quad (6)$$

Преобразовав (6), получим связь дифференциалов dz и dz_s :

$$\frac{dz}{dz_s} = \frac{\frac{dh}{dz_s}}{\frac{dx}{dz} \cos \alpha_0 - \sin \alpha_0}. \quad (7)$$

Подставляя в (7) dh/dz_s из (4) и dx/dz из (1), получим

$$\frac{dz}{dz_s} = -c(\alpha_0) \frac{\sin \frac{\varphi + \alpha_0}{2}}{\cos \frac{\varphi - \alpha_0}{2}}. \quad (8)$$

Если в (2) x выразить из (5) как

$$x = x_0 + \frac{h + (z - z_0) \sin \alpha_0}{\cos \alpha_0}, \quad (9)$$

а h , входящее в (9), определить интегрированием уравнения (4) от $-l$ (l — половина длины источника) до текущего значения z_s ,

$$h = c(a_0)(z_s + l), \quad (10)$$

то получим правую часть (8), как некоторую функцию $F(z_s, z)$.

Тогда (8) — обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка с начальными условиями $z_s = -l, z = z_0$.

Второе уравнение (для координаты x) при найденном dz/dz_s можно получить из (6) и (5)

$$\frac{dx}{dz_s} = \frac{c(\alpha_0) + \frac{dz}{dz_s} \sin \alpha_0}{\cos \alpha_0} \quad (11)$$

с начальными условиями: $z_s = -l, x = x_0$.

Таким образом, получено два дифференциальных уравнения (8) и (11), которые в параметрическом виде (параметр z_s) определяют искомое уравнение поверхности нулевой зоны, создающей силу света $I_{\text{тр}}(a_0)$.

Коэффициент $c(a_0)$, входящий в (8) и (11), заранее неизвестен и может быть определен путем после-

довательных приближений. Задаваясь каким-либо значением $\tilde{c}(\alpha_0)$, производим расчет профиля нулевой зоны. Затем, с помощью метода обратного луча [4], находим значение $I(\alpha_0)$ и, если необходимо, производим корректировку $\tilde{c}(\alpha_0)$, добиваясь удовлетворения неравенства

$$|I_{\text{tp}}(\alpha_0) - I(\alpha_0)| \leq \varepsilon, \quad (12)$$

где ε — заданная погрешность.

В качестве начального значения $\tilde{c}(\alpha_0)$ можно рекомендовать значение коэффициента усиления отражателя

$$\tilde{c}(\alpha_0) = \frac{I_{\text{tp}}(\alpha_0)}{\rho I_s}, \quad (13)$$

где ρ — коэффициент отражателя; I_s — сила света источника в направлении, перпендикулярном продольной оси.

На первой стадии расчета осуществлялось построение части поверхности отражателя, целиком содержащей изображение источника для данного направления α_0 . При смещении от этого направления изображение также сместится по построенной к этому моменту поверхности, и часть его перейдет за край отражателя. Смысл второй стадии расчета состоит в пристраивании к уже рассчитанной части поверхности отражателя новой зоны, восполняющей дефицит силы света по требуемому направлению. Построенная таким образом часть поверхности является исходной для следующего шага. Процесс продолжается до полного построения отражателя.

Переход от угла наблюдения α_k к углу $\alpha_k + d\alpha$ приводит к изменению требуемой силы света отражателя на значение $I'_{\text{tp}}(\alpha_k)d\alpha$, а силы света уже построенной к этому моменту части отражателя — на $I'(\alpha_k)d\alpha$ (рис. 4), где штрихом обозначена производная. Таким образом, требуемый дефицит силы света равен:

$$dI(\alpha_k) = [I'_{\text{tp}}(\alpha_k) - I'(\alpha_k)]d\alpha. \quad (14)$$

При этом предполагается существование производной $I'_{\text{tp}}(\alpha)$ во всей области ее определения.

Дефицит $dI(\alpha_k)$ необходимо компенсировать пристраиванием элементарной зоны (dx, dz). Схема хода лучей этой зоны аналогична схеме для нулевой зоны, если принять в качестве источника элементарный участок dz_s (рис. 5). При этом крайние лучи пристраиваемой зоны должны идти параллельно направлению $\alpha_k + d\alpha$.

Длину dz_s элементарного источника определим из рис. 5:

$$dz_s = -\frac{r_k}{\sin \varphi_k} d\alpha, \quad (15)$$

где

$$r_k = \left[\left(x_k - \frac{d}{2} \right)^2 + (z_k - l)^2 \right]^{1/2},$$

$$x_k = \frac{d}{2}$$

$$\varphi_k = \arctg \frac{z_k - l}{x_k - l}. \quad (16)$$

Из (7) и (15) получим дифференциальное уравнение координаты z поверхности отражателя по переменной α :

$$\frac{dz}{d\alpha} = -c(\alpha) \frac{r}{\sin \alpha} \frac{\sin \frac{\varphi + \alpha}{2}^{**}}{\cos \frac{\varphi - \alpha}{2}}. \quad (17)$$

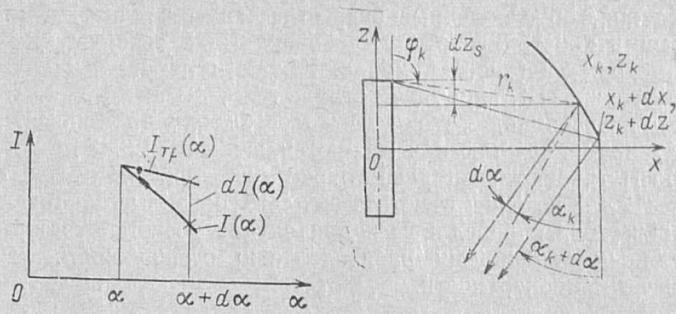


Рис. 4. К определению дефицита силы света.

Рис. 5. К выводу уравнений второй стадии расчета.

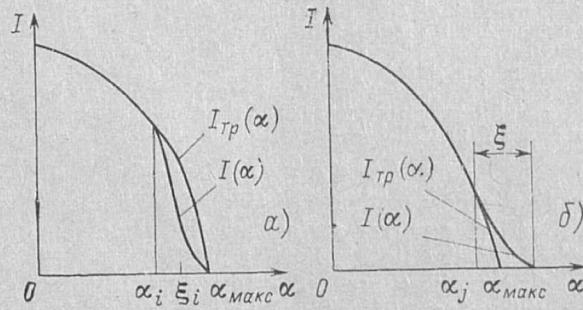


Рис. 6. Набор кривых силы света.

a — при фиксированном α_{\max} ; b — при «незакрепленном» конце кривой.

Соответственно для координаты x имеем

$$\frac{dx}{d\alpha} = \frac{\frac{dz}{d\alpha} \sin \alpha - c(\alpha)}{\cos \alpha}. \quad (18)$$

Начальные условия для (17) и (18):

$$a=a_0, x=x_1, z=z_1,$$

где x_1, z_1 — координаты края нулевой зоны.

Коэффициент $c(\alpha)$ определяется так же, как и для нулевой зоны.

Таким образом, получены две системы дифференциальных уравнений (8), (11) и (17), (18) зеркальной поверхности, позволяющие построить профиль отражателя по заданной кривой силы света $I_{\text{tp}}(\alpha)$ с источником конечных размеров. Важными свойствами полученного решения являются гладкость рассчитанной поверхности отражателя, обеспечиваемая граничными условиями дифференциальных уравнений, а также постоянство знака кривизны, что соответствует выбранной «перекрестной» схеме хода лучей. Следует, однако, учитывать, что построение поверхности с помощью описанного метода не всегда возможно. Из требования положительности дефицита $dI(\alpha)$ в (14) следует необходимое условие

$$I'_{\text{tp}}(\alpha) \geq I'(\alpha). \quad (19)$$

Отсюда видно, что резко спадающая кривая силы света не может быть воспроизведена отражателем с протяженным источником, если, конечно, не рассматривать отражателя с нереальными для практики размерами. Далее, так как источник обладает конечным угловым размером ξ , то для расчета должны быть четко определены условия завершения вычислительного процесса. Так, например, если задан максимальный угол излучения α_{\max} , то построение профиля заканчивается для некоторого направления α_i (рис. 6, a), где $\alpha_i = \alpha_{\max} - \xi$. В противном случае построение профиля продолжается до некоторой точки α_j (рис. 6, b), в которой впервые происходит нарушение условия (19). И в том, и в другом случае «хвост» полученной кривой силы света определяется в зависимости от кривой спада силы света построенного отражателя, и, естественно, не может быть произвольным. Кроме указанных существуют еще

** Здесь и в дальнейшем индекс при α, φ и r опущен.

условия, обусловленные энергетическими и связанными с ними конструктивными требованиями к основным параметрам светового прибора. К таким параметрам относятся: КПД, диаметр отражателя, защитный угол и др. Очевидно, все они не могут быть удовлетворены одновременно, так как являются зависимыми. Эти вопросы требуют специального рассмотрения.

В заключение отметим, что все основные положения метода справедливы и для случая расчета отражателя по заданному распределению освещенности на расчетной поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болдырев Н. Г. О расчете несимметричных зеркальных арматур (кососветов). — Светотехника, 1932, № 7, с. 7—8.
2. Ермолинский Н. Н., Комиссаров В. Д. Расчет зеркальных светильников. Бюллетень ВЭИ, 1934, № 2, с. 21—26.
3. Трембач В. В. Световые приборы (теория и расчет). — М.: Высшая школа, 1972. — 495 с.
4. Кущ О. К., Митин А. И. Расчет светораспределения зеркальных симметричных поверхностей с протяженными источниками света на ЭВМ. — Светотехника, 1976, № 6, с. 5—8.

* * *

A radically new method is proposed for the construction of a reflector mirror surface by the preset luminous distribution for the light source with finite dimensions. Differential equations are obtained describing the process of construction. It is shown how these equations can be solved. Conditions are given for the realization of the desired luminous intensity distribution curves.

УДК 628.977:628.973

НОВАЯ УНИФИЦИРОВАННАЯ СЕРИЯ СВЕТИЛЬНИКОВ ЛПОЗ0 С ПОНИЖЕННОЙ ТРУДОЕМКОСТЬЮ ПРОИЗВОДСТВА

Ю. Б. АЙЗЕНБЕРГ, канд. техн. наук,
И. А. КУЛАКОВ, В. С. ОГЛОБЛЯ,
В.М. РАЙХИНШТЕЙН, А. Ш.-Д. РАПОПОРТ,
В. Г. ШАПАРЬ, инженеры

Всесоюзный светотехнический институт, Броварский светотехнический завод ПО «Ватра»

Снижение трудоемкости производства светильников является одной из важнейших задач светотехнической промышленности. Работы в этом направлении ведутся постоянно [1]. В результате осуществления комплекса конструкторско-технологических решений [2, 3] в начале 70-х годов были разработаны и внедрены в серийное производство новые светильники, в частности серии ЛПОЗ0, Л2010М, ЛПО02, ЛСП02 с люминесцентными лампами различной мощности, специальные ЭУИ (патроны, клеммные колодки для светильников и ПРА, оконцеватели проводов) для этих светильников и нестандартное оборудование (в частности, многопарно-роликовая машина для непрерывного формирования корпусов, полуавтомат сборки наконечников с проводом [4] и др.). В этой работе, проведенной под руководством ВНИСИ, большую роль сыграли ОЗ ВНИСИ, Рижский опытный завод средств механизации, Рижский светотехнический завод, ПО «Ватра», Ардатовский светотехнический завод, ПО Армэлектросвет, СКБ КТС ПО «Ватра», СКБ и ОПП ВОС, ВПТИэлектро.

Задача снижения трудоемкости производства светильников с люминесцентными лампами решалась главным образом за счет создания конструкций приборов с минимальным числом винтовых и сварочных соединений,

с ЭУИ и ПРА, обеспечивающими возможность безвинтовых электрических соединений проводов и механических креплений в осветительной арматуре. В результате в одной из наиболее массовых серий одноламповых светильников — ЛПОЗ0 [2] 18 исполнений для ламп 20 и 40 Вт были получены из 14 основных деталей (70% унификации), при этом в конструкции использовалось всего два винта (для крепления одного конца крышки ПРА и для заземления) и одно сварное соединение (пластины под винт заземления). Трудоемкость сварочных работ снизилась в 4,5 раза, механической обработки — в 4 раза, общая трудоемкость монтажно-сборочных работ уменьшилась на 25—30% (по сравнению с выпускавшимися ранее на Броварском светотехническом заводе светильниками типа БЛ).

Вместе с тем несмотря на проведенную работу не удалось добиться необходимой концентрации и механизации производства наиболее массовых типов светильников, обеспечить более широкую номенклатуру и унификацию этих изделий. Так, только одноламповые светильники различной конструкции продолжали выпускать пять предприятий. В связи с этим представлялось необходимым значительно расширить работы по созданию новых унифицированных конструкций приборов, специально рассчитанных на комплексно-механизированное производство в массовых количествах с существенно сниженной суммарной трудоемкостью.

В качестве первоочередной была поставлена задача производства новой унифицированной серии светильников с одной-двумя люминесцентными лампами для общественных, промышленных и жилых зданий на Броварском светотехническом заводе. При этом на указанном заводе осваивались широко применяемые светильники с лампами 40 Вт, развитие выпуска светильников с лампами 65 Вт предусматривалось на Исфаринском, а с лампами 20 Вт — на Ашхабадском светотехнических заводах. Однако для решения этой задачи нельзя было использовать конструкцию светильника ЛПОЗ0, так как она не позволяла разработать на его основе унифицированную серию, включающую одно- и двухламповые светильники. Так, например, использованное в этом одноламповом светильнике крепление легкого отражателя за счет его упругой деформации непригодно для тяжелого отражателя, несущего на себе рассеиватель в двух- и трехламповых светильниках.

Известны также люминесцентные светильники с безвинтовым креплением рассеивателей, отражателей и других элементов, стыкуемые в светящие линии с интервалом, например, одноламповый светильник ЛПО16. Одним из достоинств его конструкции является надежное безвинтовое крепление отражателя и рассеивателя, осуществляющее с помощью подпружиненных защелок и торцевин. Аналогичные решения использованы в конструкциях двухламповых светильников, например, серии Л2010, а также в светильниках ряда зарубежных светотехнических фирм, например, фирмы Thorn (Великобритания). Вместе с тем примененные в светильниках ЛПО16 для крепления рассеивателя откидывающиеся подпружиненные торцевины не позволяют устанавливать светильники в непрерывную линию, а жесткие сварные перемычки корпуса затрудняют прокладку магистральных проводов, вызывая необходимость протаскивания жгутов проводов через ограниченное пространство под (или над) перемычками. Этую конструкцию нельзя было использовать в качестве базовой для разработки унифицированной серии одно- и двухламповых индивидуальных и стыкуемых в непрерывную линию светильников. Отметим также, что во всех упомянутых светильниках изменение формы рассеивателя, требуемое при создании современной унифицированной серии световых приборов для общественных, промышленных и жилых зданий, влечет за собой необходимость либо полного изменения конструкции торцевины — одной из наиболее трудоемких деталей, либо вообще невозможна.

С конструктивной точки зрения в светильниках должно быть обеспечено: