

ностью до 500 вт (рис. 6) \*. Учитывая большое выделение лампами тепловой энергии в запроектированных светильниках предусматриваются специальные вентиляционные отверстия. Светильник на восемь ламп — универсальный, т. е. обеспечивает возможность получения различного светораспределения. Это достигается креплением патронов к поворотной траверсе, обеспечивающей для ламп три фиксированных положения: вертикально вниз и под углом 20° и 40° (рис. 7). На рис. 8 для примера приведен график освещенности при установке светильников на высоте 15 м в одну линию с интервалами 15—20 м.

Для освещения работ, требующих создания повышенных освещенностей и производящихся в условиях, опасных в отношении травматизма, запроектирован многоламповый светильник для низковольтных (12—36 в) ламп. Конструктивно светильник выполнен в виде люстры, смонтированной в эмалированный глубокоизлучатель для ламп до 1 000 вт (рис. 9).

**Выводы.** Для обеспечения устройства рациональной осветительной установки строительной площадки и сокращения сроков ее осуществления и стоимости необходимо:

1. Элементы осветительной установки (осветительные приборы, опоры, питающие электрические сети) изготавливать централизованно, в таком исполнении, чтобы обеспечить возможность их неоднократного применения, быстроту и легкость монтажа и демонтажа.

2. Обеспечить выпуск ламп 220 в мощностью 2 и 3 квт для прожекторов и светильников со сроком службы не менее 500, желатель-

\* В разработке арматур и передвижной мачты принимали участие ст. техники светотехнической группы института С. П. Хабазов и И. Б. Фризе.

но 1 000 ч, зеркальных ламп мощностью 1 000 вт с широким, средним и узким светораспределением, ламп 12—36 в мощностью 100—500 вт, защитных арматур для зеркальных ламп на различное их количество (1—10), светильников с широким светораспределением для ламп 2 и 3 квт, 220 в и 100—500 вт, 12—36 в, прожекторов заливающего света для ламп 2—3 квт с лимбами для точной установки углов наклона и разворота. Увеличить выпуск прожекторов типов ПЗС-45, ПЗС-35 и ПФС-45-1. Снабжать лимбами прожекторы типа ПЗС-45 и ПЗС-35.

3. В целях упрощения составления проектов освещения строительных площадок, а также для обеспечения возможности осуществления осветительных установок на отдельных участках строительства без предварительного проектирования разработать и издать в виде альбома типовые решения рационального освещения различных участков строительных площадок.

4. Значительно улучшить эксплуатацию осветительных установок, особенно прожекторных.

Эксплуатация должна производиться постоянным квалифицированным обслуживающим персоналом.

#### Литература

1. Т. А. Глаголева, В. В. Мешков, С. В. Поллак и М. В. Соколов. Правила и нормы электрического освещения строительных площадок при сооружении тепловых и гидроэлектрических станций (временные). Госэнергоиздат, 1953.
2. М. С. Дадиомов. «Светотехника», 1957, № 3.
3. М. С. Дадиомов. «Светотехника», 1957, № 4.
4. М. С. Дадиомов. Освещение котлованов строящихся гидроузлов. Изд. института «Оргэнергострой», Куйбышев, 1957.
5. М. В. Соколов. «Светотехника», 1957, № 1.

## О ТЕПЛОВОМ РАСЧЕТЕ КОЛБ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП

Канд. техн. наук Г. Н. РОХЛИН

Всесоюзный светотехнический институт

Температура колбы является одной из важнейших характеристик газоразрядной лампы. Особенно отчетливо это проявляется у ламп с разрядом в парах металла, так как в этом случае температура внутренней поверхности колбы определяет не только условия работы материала колбы, но также и рабочее давление в лампе, а следовательно, все ее электрические и световые характеристики.

Не менее важное значение имеет также температурный режим других элементов лам-

пы. Температура электродов определяет механизм эмиссии и скорость их распыления, а следовательно, тип разряда и долговечность лампы. Тепловой режим вводов определяет допустимый рабочий ток. Поэтому все элементы газоразрядной лампы должны быть сконструированы таким образом, чтобы наряду с выполнением других требований они имели определенную рабочую температуру, обеспечивающую оптимальную работу лампы в заданных условиях.

Эмпирический путь решения этой задачи при разработке каждого нового типа лампы представляет большие трудности. Естественно, что установление в этих условиях физически обоснованной методики расчета температуры отдельных элементов лампы полезно как для проверки существующих образцов ламп, так и для разработки новых. Полезность такой методики состоит также в том, что она вместо эмпирических представлений дает физически обоснованные соотношения между соответствующими величинами и позволяет определять характер их зависимости от различных факторов.

Примерами успешного применения подобного рода методики могут служить тепловой расчет натриевой лампы с повышенной световой отдачей, выполненный Б. Н. Клярфельдом еще в предвоенные годы [Л. 1], или расчеты теплового режима люминесцентных ламп в утепляющих рубашках, выполненные в последние годы в Академии коммунального хозяйства Я. Б. Зильберблатом и др. [Л. 2]. Однако в большинстве случаев при разработке образцов газоразрядных ламп вопросы их теплового режима решаются примитивно.

В данной статье<sup>1</sup> рассмотрены некоторые вопросы теплового расчета колб ртутных ламп высокого и сверхвысокого давления. Эти методы могут быть с успехом применены и для расчета колб других газоразрядных ламп в различных условиях эксплуатации, а также вводов кварцевых ламп.

Методы определения температуры и размеров колб газоразрядных ламп. На практике применяется простой метод определения размеров колб газоразрядных ламп по удельной нагрузке на стенку колбы, под которой понимают отношение электрической мощности лампы  $P_{\lambda}$  к поверхности колбы  $S_{\kappa}$  (чаще всего внутренней). Обозначая удельную нагрузку на стенку через  $w$ , получим:

$$wS_{\kappa} = P_{\lambda}. \quad (1)$$

Отсюда могут быть определены поверхность и размеры колбы, если заданы мощность лампы и удельная нагрузка. Очевидно, что чем выше необходимая рабочая температура колбы, тем выше должна быть удельная нагрузка. Величина последней устанавливается в каждом случае экспериментально. Так, например, для ртутных люминесцентных ламп низкого давления, работающих при температуре колбы 35–50°C, обычно принимают значение  $w=0,025$

0,05 вт/см<sup>2</sup>; для ртутно-кварцевых ламп СВД трубчатой формы, рассчитанных на большой срок службы, считают, что удельная нагрузка должна лежать в пределах 9–12 вт/см<sup>2</sup> [Л. 4]; для ртутно-кварцевых ламп типа СВДШ она должна выбираться в пределах 25–40 вт/см<sup>2</sup> [Л. 5] и т. д.

Серьезным недостатком указанного метода является то обстоятельство, что он не устанавливает количественной связи между удельной нагрузкой и температурой колбы. Одной и той же удельной нагрузке в зависимости от условий охлаждения, разряда и конструкции лампы будет соответствовать различная температура колбы. Для работы лампы решающее значение имеет не удельная нагрузка, а температура колбы, поскольку она определяет условия работы материала колбы и давление в лампах с парами металла. Поэтому для правильного расчета ламп важно найти в явной форме зависимость температуры колбы от ее размеров, условий охлаждения и других характеристик лампы.

Температура колбы работающей лампы может быть определена из ее баланса энергии. В стационарном состоянии устанавливается такая температура колбы, при которой получаемая колбой мощность равна рассеиваемой.

Рассмотрим случай, когда нагревание колбы происходит только за счет мощности разряда. Выразим мощность, идущую на нагрев колбы  $Q$ , в виде доли мощности разряда:  $Q = aP_{\lambda}$ , где  $a$  — коэффициент, показывающий долю мощности разряда, идущую на нагрев колбы. Тогда тепловой баланс для всей колбы может быть записан в следующем виде:

$$aP_{\lambda} = \int_S q(t) dS = q_{cp}(t) S_{\kappa}, \quad (2)$$

где  $dS$  — элемент внешней поверхности колбы;  $q$  — удельные потери, т. е. мощность, теряемая единицей внешней поверхности колбы в результате всех имеющихся место процессов теплоотдачи.

$q$  является функцией температуры колбы и условий ее охлаждения. Интеграл берется по всей внешней поверхности колбы  $S_{\kappa}$ .

На практике чаще всего встречаются колбы трубчатой или шаровой формы. В лампах трубчатой формы с длинным положительным столбом целесообразно рассматривать отдельно тепловой баланс колбы в области положительного столба и в приэлектродных областях, поскольку условия тепловыделения в них различны. Для внешнего диаметра трубки  $d_{2mp}$  в области положительного столба получим выражение

<sup>1</sup> Статья представляет собой краткое содержание части работ, выполненных автором во Всесоюзном электротехническом институте в 1946 и 1949 гг. [Л. 3].

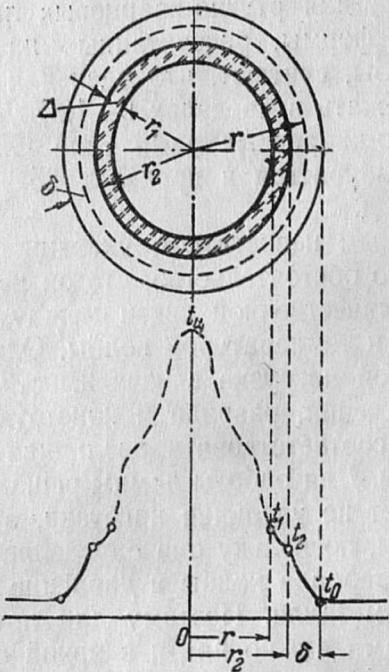


Рис. 1. Схематическое распределение температуры в лампе и пограничном слое.

$$d_{2mp} = \frac{a_{cm}}{\pi q_{cp}} \cdot \frac{P_{cm}}{l_{cm}} = \frac{a_{cm}}{\pi q_{cp}} P_1, \quad (3)$$

где  $P_{cm}$  — электрическая мощность, выделяющаяся в положительном столбе;  
 $l_{cm}$  — длина положительного столба;  
 $P_1$  — удельная мощность положительного столба (мощность на единицу длины);  
 $a_{cm}$  — коэффициент, показывающий долю мощности разряда в положительном столбе, идущую на нагрев трубки в области положительного столба.

В лампах с короткой дугой, особенно в шаровых колбах, роль положительного столба и электродных областей в нагреве отдельных частей колбы разделить нельзя, и поэтому приходится рассматривать тепловой баланс колбы в целом. Внешний диаметр колб шаровой формы равен:

$$d_{2m} = \sqrt{\frac{a}{\pi q_{cp}}} P_1. \quad (4)$$

Эти формулы устанавливают связь между мощностью лампы, размерами колбы и удельными потерями, являющимися функцией температуры и условий охлаждения. Для практического использования этих формул необходимо найти значения  $a$  и  $q$  в различных конкретных случаях.

Зависимость удельных потерь от температуры и условий охлаждения. В общем случае охлаждение нагретой колбы происходит путем теплопередачи в окружающую среду и лучеиспускания так, что удельные потери равны:

$$q = q_m + q_{изл}, \quad (5)$$

где  $q_m$  — удельные тепловые потери — мощность, теряемая с единицы внешней поверхности колбы путем теплопередачи в окружающую среду;

$q_{изл}$  — удельные лучистые потери, т. е. потери мощности с единицы внешней поверхности колбы путем лучеиспускания.

Потери мощности путем теплопередачи в окружающую среду могут быть рассчитаны, исходя из представления о так называемом пограничном (или застойном) слое, внутри которого теплопередача происходит в основном путем теплопроводности [Л. 7].

При равномерном распределении потока тепла через поверхность и постоянной толщине пограничного слоя отвод тепла через этот слой рассчитывается по обычному уравнению теплопроводности.

Для шара внешнего радиуса  $r_2$  с равномерной температурой  $t_2$  по всей внешней поверхности при постоянной толщине пограничного слоя  $\delta$  (рис. 1) легко получить выражение для удельных тепловых потерь с внешней поверхности шара:

$$q_m = \frac{Q_m}{4\pi r_2^2} = \frac{\int_{t_0}^{t_2} \kappa dt}{\delta} \left( 1 + \frac{\delta}{r_2} \right) = \frac{\kappa_{cp}}{\delta} \left( 1 + \frac{\delta}{r_2} \right) (t_2 - t_0), \quad (6)$$

где  $q_m$  — удельные тепловые потери с внешней поверхности шара;  
 $t_0$  — температура на внешней границе пограничного слоя;  
 $\kappa_{cp}$  — средний коэффициент теплопроводности среды, определяемый для температуры  $t_{cp} = (t_2 + t_0)/2$ .

Уравнение (6) может быть записано также в следующем виде:

$$q_m = \frac{\left( 1 + \frac{\delta}{r_2} \right)}{\delta} (\Phi_2 - \Phi_0), \quad (7)$$

где

$$\Phi_2 = \int_0^{t_2} \kappa dt, \quad \text{а} \quad \Phi_0 = \int_0^{t_1} \kappa dt.$$

Функция  $\Phi(t)$  встречается при расчете тел накала электрических ламп накаливания и для нее имеются вычисленные значения [Л. 6].

Аналогичным путем находим выражение удельных тепловых потерь для цилиндра внешнего радиуса  $r_2$  при постоянной температуре внешней поверхности  $t_2$ :

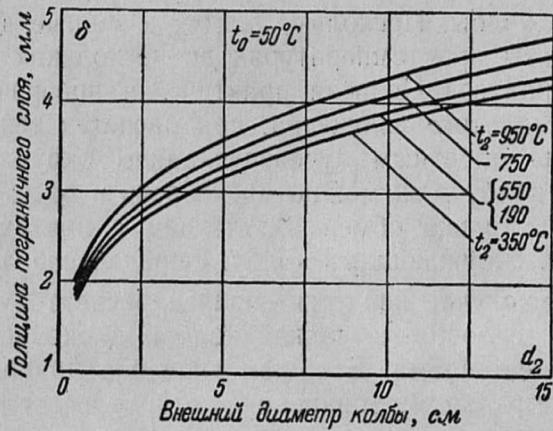


Рис. 2. Толщина пограничного слоя в воздухе при нормальном давлении в зависимости от диаметра колбы при различных температурах колбы;  $t_0 = 50^\circ\text{C}$ .

$$q_m = \frac{\alpha_{cp} (t_2 - t_0)}{2,30r_2 \lg \left( 1 + \frac{\delta}{r_2} \right)} = \frac{(\Phi_2 - \Phi_0)}{2,30r_2 \lg \left( 1 + \frac{\delta}{r_2} \right)}. \quad (8)$$

Толщина пограничного слоя  $\delta$  может быть найдена из законов теплового подобия, проверенных на большом экспериментальном материале [Л. 7].

В условиях естественной конвекции для большинства практически интересных случаев расчета колб толщина пограничного слоя может быть определена с достаточной точностью из следующей формулы [Л. 7]:

$$\delta = 1,85 d_2^{0.25} \left( \frac{\alpha}{\eta g c_p} \right)^{0.25} \left[ \frac{v^2}{\beta g (t_2 - t_0)} \right]^{0.25}, \quad (9)$$

где  $\delta$  — толщина пограничного слоя, см;  
 $d_2$  — внешний диаметр шара или цилиндра, см;

$g$  — ускорение силы тяжести, равное 980 см/сек<sup>2</sup>;

$\beta$  — коэффициент объемного расширения, равный для идеальных газов  $1/273$  град.<sup>-1</sup>;

$c_p$  — удельная теплоемкость (на единицу веса) при постоянном давлении и температуре  $t_{cp} = (t_2 + t_0)/2$ ,  $\frac{\partial \alpha}{\partial (вес \cdot град)}$ ;

$\eta$  — коэффициент вязкости среды при температуре  $t_{cp}$ , г (масса) · см<sup>-1</sup> · сек<sup>-1</sup>;

$v$  — коэффициент кинематической вязкости, равный отношению коэффициента вязкости  $\eta$  к плотности  $\rho$ , см<sup>2</sup> · сек<sup>-1</sup>;

$(t_2 - t_0)$  — перепад температур в пограничном слое, град.

Формула (9) справедлива при условии

$$2 \cdot 10^7 \geq \left( d^3 \Delta t \frac{\beta g^2 v^2 c_p}{\eta x} \right) \geq 5 \cdot 10^2. \quad (10)$$

При несоблюдении этого условия в формуле (9) должны быть изменены числовые коэффициенты.

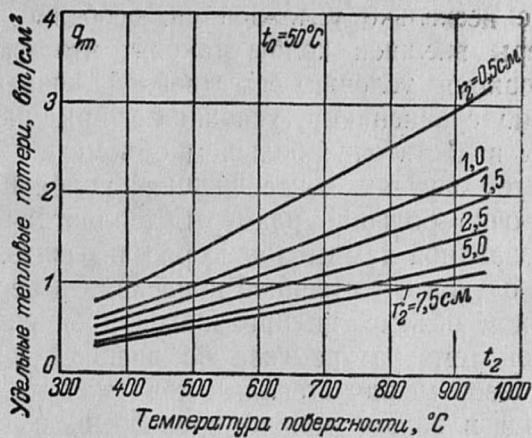


Рис. 3. Удельные тепловые потери с поверхности шаров различных диаметров в зависимости от температуры их поверхности при естественном охлаждении в воздухе при нормальном давлении и  $t_0 = 50^\circ\text{C}$ . Шаровые колбы.

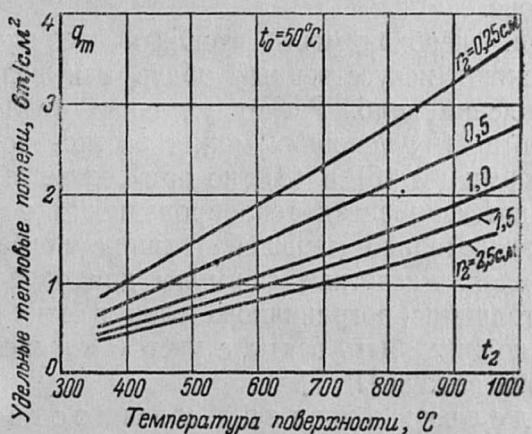


Рис. 4. Удельные тепловые потери с поверхности цилиндров различных диаметров в зависимости от температуры их поверхности при естественном охлаждении в воздухе при нормальном давлении и  $t_0 = 50^\circ\text{C}$ . Цилиндрические колбы.

коэффициент и показатели степени. На рис. 2 приведены рассчитанные по формуле (9) значения  $\delta$  в зависимости от диаметра колбы для разных температур при работе в воздухе при нормальном давлении и  $t_0 = 50^\circ\text{C}$ . На рис. 3 и 4 приведены рассчитанные по формуле (6) и (8) значения  $q_m$  в зависимости от температуры для шаров и цилиндров различных диаметров при работе в воздухе в условиях естественной конвекции при нормальном давлении и  $t_0 = 50^\circ\text{C}$ .

При необходимости уменьшить теплоотвод газоразрядную лампу обычно помещают во внешнюю колбу. Если внешняя колба наполнена газом, то тепло от колбы газоразрядной лампы передается через газ к стенкам внешней колбы, затем путем теплопроводности через стенки и, наконец, от внешней поверхности колбы в окружающую среду<sup>2</sup>. Расчет в этом

<sup>2</sup> Теплоотдача путем лучеиспускания нагретой колбы рассмотрена ниже.

случае несколько усложняется, особенно если размеры внешней колбы таковы, что сильно нарушаются условия естественной конвекции газа по сравнению с условиями при работе лампы в достаточно большом объеме.

В тех случаях, когда внешняя колба имеет достаточно большие размеры, теплоотдачу от газоразрядной лампы можно рассчитывать, как и для случая естественной конвекции в неограниченном объеме, но при значении  $t_0$ , равном средней температуре газа во внешней колбе. Если зазор между стенками колб мал, то конвекцией в зазоре можно пренебречь и вести расчет теплопередачи через газ в зазоре, учитывая только теплопроводность. Критерием допустимости того или другого упрощения должно служить отношение величины зазора между стенками колб к величинам пограничных слоев в зазоре.

При необходимости усилить теплоотвод применяют искусственный обдув или водяное охлаждение колб. Расчет удельных тепловых потерь в этих условиях может вестись по тем же формулам (6) и (8), но при соответствующих коэффициентах теплопроводности и другой, значительно меньшей толщине пограничного слоя. Расчетные формулы для определения толщины пограничного слоя в этих случаях должны быть взяты с учетом конкретных условий задачи [Л. 7].

Удельные потери мощности нагретой колбы путем лучеиспускания равны:

$$q_{изл} = \varepsilon_k \sigma_0 T_2^4 - \alpha_k E, \quad (11)$$

где  $\varepsilon_k$  — интегральный коэффициент излучения материала колбы при абсолютной температуре  $T_2$ ;

$\sigma_0$  — постоянная Стефана — Больцмана;

$\alpha_k$  — коэффициент поглощения материала колбы при температуре  $T_2$  для падающего на колбу извне лучистого потока;

$E$  — облученность поверхности колбы со стороны окружающих ее тел.

Первый член правой части формулы характеризует охлаждение колбы за счет собственного излучения, а второй — ее нагревание за счет поглощения части лучистого потока, падающего на колбу со стороны окружающих ее тел. При этом мы предполагаем, что стенка колбы практически непрозрачна для собственного излучения, т. е. излучение происходит с ее внешней поверхности.

Нагрев колбы за счет поглощения части лучистого потока, падающего извне, необходимо учитывать только в тех случаях, когда  $\alpha_k E$  составляет заметную часть собственного излу-

чения колбы. Поскольку воздух и многие другие газы при температурах до нескольких сотен градусов Цельсия практически прозрачны для теплового излучения, при расчетах теплообмена обратным лучеиспусканем окружающего колбу газа можно пренебречь и рассматривать только обмен излучением с поверхностями, окружающими колбу. Определение  $q_{изл}$  в этом случае является задачей расчета лучистого теплообмена между колбой и окружающими ее телами. В общем виде она приводит к интегральному уравнению, которое имеет точное решение лишь для некоторых простейших случаев [Л. 8].

Во многих случаях, однако, можно с достаточной для практики точностью принять, что колба окружена замкнутой поверхностью  $S_{окр}$  при постоянной температуре  $T_{окр}$  и постоянном коэффициенте излучения  $\varepsilon_{окр}$ ; тогда для определения удельных лучистых потерь нагретой колбы можно воспользоваться формулой, часто применяемой в практике теплотехнических расчетов [Л. 7]:

$$q_{изл} = \varepsilon_n \sigma_0 [T_2^4 - T_{окр}^4], \quad (12)$$

где

$$\varepsilon_n = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_k} + \frac{S_k}{S_{окр}} \left( \frac{1}{\varepsilon_{окр}} - 1 \right)};$$

$\varepsilon_n$  — приведенный коэффициент излучения колбы;

$S_k$  — внешняя поверхность колбы. При

$$\frac{S_k}{S_{окр}} \left( \frac{1}{\varepsilon_{окр}} - 1 \right) \ll \frac{1}{\varepsilon_k}, \quad \varepsilon_n \approx \varepsilon_k$$

мы получаем следующую формулу для расчета удельных лучистых потерь поверхности нагретой колбы с учетом лучистого теплообмена:

$$q_{изл} \approx \varepsilon_k \sigma_0 [T_2^4 - T_{окр}^4]. \quad (13)$$

На рис. 5 приведено в качестве примера собственное удельное лучеиспускание нагретого кварцевого стекла  $\varepsilon_k \sigma_0 T_2^4$  в зависимости от температуры. Там же показана зависимость  $\varepsilon_k$  от температуры, принятая нами при расчете [Л. 9 и 10]\*.

\* Расчет  $\varepsilon_k (T)$  был проведен нами, исходя из данных о спектральных коэффициентах пропускания и отражения для кварцевого стекла. В настоящее время в лаборатории заканчиваются опыты по экспериментальному определению  $\varepsilon$  кварца при различных температурах. Тогда эта кривая может быть уточнена.

Определение мощности, идущей на нагрев колбы, и коэффициента  $a$ . Нагревание колбы происходит главным образом за счет теплопередачи от разрядного канала и нагретых электродов через наполняющий лампу газ или пар и поглощения некоторой части излучения разряда и электродов. Очевидно, что доля мощности разряда, идущая на нагрев колбы, зависит от условий разряда, конструкции лампы и оптических характеристик стекла колбы. В настоящее время теоретическое определение величины  $a$  в общем случае затруднено. Поэтому мы определяли ее из баланса энергии лампы или путем измерений и расчетов. Назовем лучистый поток разряда и накаленных электродов, вышедший за пределы колбы,  $F_{np}$ . Тогда

$$a = 1 - \frac{F_{np}}{P_1}. \quad (14)$$

Величина  $F_{np}$  может быть определена экспериментально для соответствующих условий. Для области положительного столба в длинных трубчатых лампах ( $l_{cm} \gg d_{mp}$ ) получим:

$$a_{cm} = 1 - \frac{F_{1np}}{P_1}, \quad (15)$$

где  $F_{1np}$  — лучистый поток разряда с единицы длины положительного столба, вышедший за пределы колбы.

В том случае, когда известны распределение энергии в спектре излучения самого разряда (т. е. при абсолютно прозрачных стеклах колбы) и спектральные характеристики стекла колбы,  $a_{cm}$  равно:

$$a_{cm} \approx 1 - \frac{\int \varphi_{1na\delta}(\lambda) \frac{\alpha_\lambda}{1 - \rho_\lambda} d\lambda}{P_1}, \quad (16)**$$

где  $\varphi_{1na\delta}(\lambda)$  — спектральная плотность лучистого потока самого разряда для длины волны  $\lambda$ , приходящаяся на единицу длины положительного столба;  $\alpha_\lambda$  и  $\rho_\lambda$  — спектральные коэффициенты поглощения и отражения колбы при рабочей температуре.

Интегрирование ведется во всем интервале длин волн, в котором имеет место излучение разряда. В тех случаях, когда коэффициент отражения колбы  $\rho_\lambda \ll 1$ , можно считать, что в формуле (16)

$$\frac{\alpha_\lambda}{1 - \rho_\lambda} \approx \alpha_\lambda.$$

\*\* Выражение (16) является приближенным, так как не учитывались отражения от внешней стенки колбы.

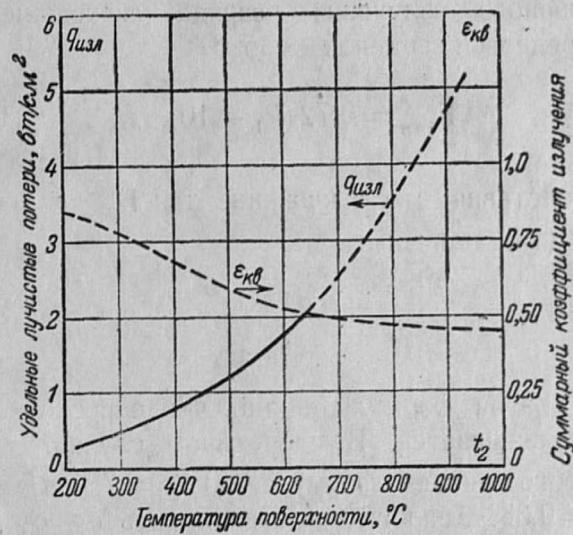


Рис. 5. Собственные удельные лучистые потери с поверхности кварцевого стекла и суммарный коэффициент излучения кварцевого стекла в зависимости от температуры.

Баланс энергии положительного столба различных разрядов измерялся многими авторами [Л. 1 и 11]. Пользуясь этими данными и зная оптические характеристики стенок колбы, не трудно найти значения  $Q_{cm}$  и  $a_{cm}$  для различных типов трубчатых ламп. В таблице приведены рассчитанные нами значения  $a$  для нескольких типов ртутных ламп.

Тип ртутной лампы	Материал колбы	$a$	Примечание
Бактерицидная Люминесцентная	Кварц Стекло, покрытое изнутри люминофором	0,37* 0,7*	Для положительного столба
ПРК-2	Кварц	0,58	
СВД-120 СВДШ	Кварц	0,48 0,2-0,3	
			Для всей колбы

\* Следует обратить внимание, что значения  $a_{cm}$  для кварцевой бактерицидной лампы почти в 2 раза ниже, чем для люминесцентной. Это означает, что для одинаковых размеров ламп, условий охлаждения и удельной мощности температура бактерицидной лампы будет заметно ниже, чем люминесцентной, что будет сказываться на выходе резонансного излучения.

При расчете  $a_{cm}$  для кварцевых бактерицидных и люминесцентных ламп мы пользовались данными о балансе энергии положительного столба ртутного разряда низкого давления, приводимыми Тейером и Бернсом [Л. 11]. Излучение линии  $0,2537 \text{ мк}$  было принято равным  $62\%$ , квантовое отношение — 0,48, выход люминесценции — 0,9 и поглощение собственного излучения в слое люминофора — 0,15.

Значение  $a$  для ртутно-кварцевых ламп высокого и сверхвысокого давления трубчатой формы было подсчитано на основе экспериментальных данных Эленбааса [Л. 12], который дал следующую эмпирическую формулу для

суммарного излучения разряда, выходящего за пределы кварцевой колбы:

$$F_{1np} = 0,72(P_1 - 10). \quad (17)$$

Подставив это выражение для  $F_{1np}$  в формулу (15), получим:

$$a_{cm} = 0,28 + \frac{7,2}{P_1}.$$

Из этой формулы видно, что с ростом  $P_1$   $a_{cm}$  уменьшается. В предельном случае, для которого пригодна формула (17) ( $P_1 = 75 \text{ вт/см}$ ),  $a_{cm} = 0,38$ . Аналогичная зависимость  $a_{cm}$  от  $P_1$  имеет место и для капиллярных ламп с водяным охлаждением, но при меньших значениях  $a_{cm}$ .

Значение  $a$  для ртутно-кварцевых ламп типа СВДШ было рассчитано на основе наших экспериментов по определению баланса энергии этого типа ламп [Л. 3].

Рассмотренные методы определения значений  $q$  и  $a$  для различных случаев дают воз-

можность решать расчетным путем ряд задач, связанных с тепловым режимом колб и вводов газоразрядных ламп.

### Литература

1. Б. Н. Клярфельд. Положительный столб газового разряда и его использование для получения света. Электронные и ионные приборы. Труды ВЭИ. Госэнергоиздат, 1940.
2. Я. Б. Зильберблат. Применение люминесцентных ламп в условиях низких температур. «Известия АН СССР, ОТН», 1951, № 3.
3. Г. Н. Роклин. Тепловые процессы в ртутных разрядах высокого и сверхвысокого давления. Диссертация, 1946.
4. Е. В. Ноэль. „III. Eng.“, 1948, № 9.
5. Н. А. Капцов и Д. А. Гоухберг. Лампы сверхвысокого давления. «Успехи физических наук», 1951, № 43, вып. 4.
6. А. П. Иванов. Электрические источники света. ОНТИ, 1938.
7. М. А. Михеев. Основы теплопередачи. Госэнергоиздат, 1947.
8. В. В. Мешков. Основы светотехники. Госэнергоиздат, 1957.
9. С. П. Глаголев. Кварцевое стекло, ОНТИ, 1934.
10. F. Rössler. «Annal. d. Phys.», 1939, № 1.
11. R. Thayer and B. Vagles. «JOSEA», 1939, т. 29.
12. W. Elenbaas, «Physica», 1937, т. 4.

## ФОТОМЕТР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ БОЛЬШИХ ЯРКОСТЕЙ

Канд. техн. наук В. С. ХАЗАНОВ и инж. М. Г. ВИТКОВ

Всесоюзный светотехнический институт

За последние годы для целей освещения и проекции все более широкое применение получают новые мощные источники света в виде шаровых и трубчатых газоразрядных ламп высокого и сверхвысокого давления. Это вызывает интерес к исследованию их световых и, в особенности, яркостных характеристик. Существующие методы и приборы, разработанные для измерения большой яркости, предназначены в основном для случая исследования угольных дуговых ламп с точки зрения использования этих ламп совместно с оптической системой прожектора [Л. 1 и 2]. Лаборатория световых измерений ВНИСИ разработала фотометр, позволяющий измерять распределение яркости светящего тела мощных газоразрядных ламп в диапазоне 100—3 000 Мнт.

В основе фотометра лежит известная принципиальная схема измерения яркости (рис. 1). Объектив проектирует на поверхность подвижного экрана увеличенное изображение фотометрируемой лампы. Освещенность изображения измеряется светочувствительным устройст-

вом, расположенным в центральной части экрана.

Для повышения точности фотометрирования важно обеспечить оптимальное соотношение между основными параметрами оптической измерительной схемы. Этими параметрами, определяющими чувствительность и точность схемы, являются величина диаметра площадки усреднения  $D$  и величина апертурного угла  $\alpha$ .

Световой поток, попадающий в светочувствительное устройство при фотометрировании объекта яркостью  $B$ , определяется выражением

$$F = K \cdot B \cdot \frac{\pi^2 D^2}{4} \sin^2 \alpha, \quad (1)$$

где коэффициент  $K$  учитывает световые потери в объективе. Таким образом, значение основных параметров  $D$ ,  $\alpha$  определяет чувствительность оптической схемы (без учета потерь). Фотометр при этом фиксирует среднее значение яркости по поперечному сечению измеряемого пучка света и по углу. В оптимальной схеме параметры  $D$  и  $\alpha$  должны иметь такую величину, чтобы фиксируемое прибором значе-