

## РАЗРАБОТКА СПОСОБА ИЗМЕРЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА РТУТИ В ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМПАХ ДИАМЕТРОМ 16 ММ

**А. А. Горбунов**

В статье рассматривается возможность определения количества ртути в линейных люминесцентных лампах в трубках диаметром 16 мм, а также особенности изготовления опытных образцов люминесцентных ламп малого диаметра с применением амальгамного метода; показывается возможность высокой точности дозирования ртути в объем лампы и улучшения экологических условий труда в процессе их производства без применения ртути в жидком состоянии.

**Ключевые слова:** люминесцентные лампы, количество ртути, контактный охладитель, постоянный ток, катафорез, амальгама, дозирочные головки, откачной полуавтомат, кран-дозатор, экологичность.

## DEVELOPMENT OF A METHOD OF MEASURING OF THE AMOUNT OF MERCURY IN 16 MM TUBE FLUORESCENT LAMPS

**A. A. Gorbunov**

In the article we have considered the capacity of mercury amount measurement in linear 16 mm tube fluorescent lamps. The peculiarities of production of the prototypes capacity of small diameter fluorescent lamps using amalgamation process are described. The possibility of mercury dispensing with high accuracy in the tube is shown, improvement of the ecology of working conditions during the lamp manufacturing without using mercury in liquid state is featured.

**Keywords:** fluorescent lamps, mercury amount, contact cooler, direct current, cataphoresis, amalgam, dosing heads, evacuation semi-automatic unit, metering stopcock, sustainability.

В настоящее время проблема повышения экологичности разрядных источников света (ИС) является весьма актуальной, особенно для люминесцентных ламп (ЛЛ) в трубках малого диаметра и компактных ЛЛ (КЛЛ) ввиду их прогрессирующего использования в освещении офисных и жилых помещений. Главным фактором, определяющим экологическую опасность данных ламп, является наличие в них ртути в жидкой фазе и отсутствие высокопроизводительных методов введения малых количеств ртути в ЛЛ.

Известно, что для обеспечения работоспособности ЛЛ в течение всего

срока службы в нее достаточно ввести около 5 мг ртути. Однако сделать это с помощью дозирочных головок, установленных на откачных полуавтоматах с вертикальным расположением ламп при откачке, невозможно. Даже если удастся поместить такое количество ртути в штенгель лампы, она осядет на его стенке и не попадет в объем лампы. Поэтому для надежного попадания ртути в лампу головки рассчитаны на дозирование 30–60 мг ртути за одно срабатывание.

Необходимость проведения исследований по избранной теме обусловлена потребностью в решении проблемы

сокращения ртути в ЛЛ до минимально допустимых количеств, снижения расхода ртути в производстве ЛЛ, ускорения и удешевления испытаний ЛЛ на соответствие количества ртути нормативной документации, а также снижения зартученности помещений как при производстве ламп, так и в процессе их эксплуатации.

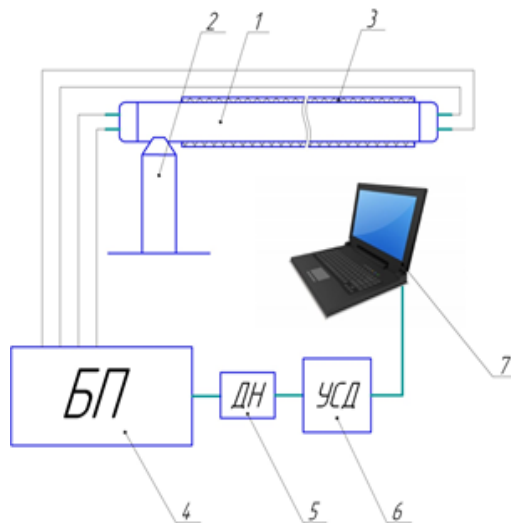
В 2008 г. сотрудниками кафедры источников света светотехнического факультета ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарёва» был разработан метод контроля количества ртути в линейных ЛЛ. В 2011 г. был получен патент на данный метод, а также устройство для контроля количества ртути [1]. Метод основан на применении двух физических явлений: переносе положительных ионов ртути в область катода при работе ЛЛ в цепи постоянного тока (явление продольного катафореза) и диффузии нейтральных атомов ртути в специально созданную холодную зону в прикатодной части положительного столба разряда из более нагретых участков лампы. Таким образом, перенос ртути осуществляется синхронно ионами и нейтральными атомами в одну сторону (прикатодную), что существенно ускоряет его время.

Процесс переноса еще больше сокращается при увеличении значения тока в 2–2,5 раза по сравнению с номинальным значением тока лампы, при этом работа лампы обеспечивается в режиме двух катодных пятен (ток идет на оба конца электродов). Дополнительное ускорение процесса переноса также осуществляется путем утепления лампы вне холодной зоны.

Перед определением времени переноса ртути происходит предварительный ее сбор в зоне охладителя. Это необходимо потому, что после транспортирования лампы ртуть оказывается неравномерно распределенной по внутренней поверхности лампы. Определение времени переноса осуществляется согласно изменению напряжения и тока на лампе, которое регистрируется

с помощью аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) USB-6008 фирмы National Instruments.

На рис. 1 показано устройство определения количества ртути в люминесцентных лампах в трубках диаметром 16 мм.



- 1 – ЛЛ в трубке диаметром 16 мм;
- 2 – водоохлаждаемый контактный охладитель;
- 3 – утепляющая манжета;
- 4 – блок питания ЛЛ;
- 5 – делитель напряжения;
- 6 – АЦП National Instruments USB-6008;
- 7 – персональный компьютер

Рис. 1. Схема устройства для измерения количества ртути в ЛЛ в трубках диаметром 16 мм

Устройство состоит из ЛЛ, водоохлаждаемого контактного охладителя (рис. 2), помещенного в прикатодную зону положительного столба ЛЛ, утепляющей манжеты, надетой на ЛЛ вне охладителя, блока питания ЛЛ для создания интенсивного режима работы лампы от цепи постоянного тока с преобразователем переменного тока в постоянный, стабилизатора напряжения переменного тока, устройства сбора данных (УСД) National Instruments USB-6008 (рис. 3) служащего как АЦП, персонального компьютера (ПК) для отображения и обработки временной диаграммы.

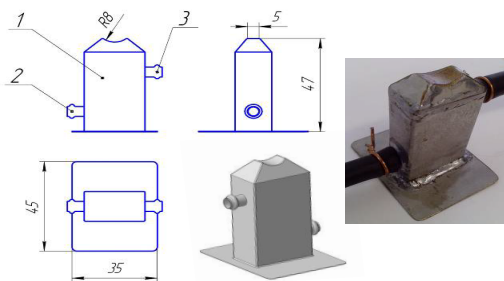


Рис. 2. Водоохлаждаемый контактный охладитель

Работа устройства осуществляется следующим образом. Контактный охладитель 1 (рис. 2) с помощью штуцера для подвода воды 2 (3 – штуцер для слива циркулирующей в охладителе воды) подключается к водопроводу, сверху на охладителе размещается ЛЛ 1 (рис. 1), которая подключается к блоку питания 4. После включения лампы устанавливается требуемый ток и начинается процесс переноса ртути в зону охладителя, который фиксируется с помощью УСД National Instruments USB-6008 и передается на ПК.

После завершения процесса блок питания 4 ЛЛ выключается, охладитель 2 перемещается к противоположному концу ЛЛ 1, меняясь местоположением с утепляющей манжетой 3. Далее в схеме питания ЛЛ 1 меняется полярность (переключением на панели блока питания 4 ЛЛ тумблера), включается блок питания 4 ЛЛ и процесс переноса повторяется. С помощью АЦП National Instruments USB-6008 регистрируются зависимости напряжения на лампе от времени выхода лампы в состоянии полного катафореза. Полученные измерительные данные сохраняются на ПК и накапливаются в виде массива.

Количество ртути определяется по градуировочному графику [1], который будет получен после проведения описанного выше эксперимента с ЛЛ с известным количеством ртути, изготовленными амальгамным методом на базе ГУП РМ «НИИИС им. А. Н. Лодыгина».

Технология изготовления таких ламп отличается от промышленной и имеет следующие особенности:



Рис. 3. Устройство сбора данных (УСД) National Instruments USB-6008

- после заварки лампы их откачка проводилась на откачном посту, снабженном краном-дозатором штабика амальгамы (рис. 4) с измеренной заранее массой, при этом в штенгель лампы перед откачкой помещалась трубочка из стекла, препятствующая прохождению штабика амальгамы в объем лампы (амальгама должна быть в штенгеле);

- штабик амальгамы дозировался в штенгель лампы, прошедшей стандартную термовакуумную обработку и охлажденную до комнатной температуры (состав амальгамы – 70 % Pb + 30 % Hg);

- лампа отпаивалась с удлиненным штенгелем и переносилась на установку для перегонки ртути из амальгамы в объем лампы;

- конец лампы с удлиненным штенгелем помещался в печь установки перегонки ртути;

- путем нагрева печи до температуры на 20–30 °С меньшей температуры плавления амальгамы (~250 °С) в течение заданного времени ртуть из амальгамы испарялась в объем лампы;

- удлиненный штенгель с оставшейся (обедненной ртутью) амальгамой отпаивался от лампы;

- отпаянный штенгель вскрывался и амальгама взвешивалась второй раз;

- определялось количество ртути в лампе как разница масс штабиков амальгамы до откачки лампы и после вскрытия штенгеля.

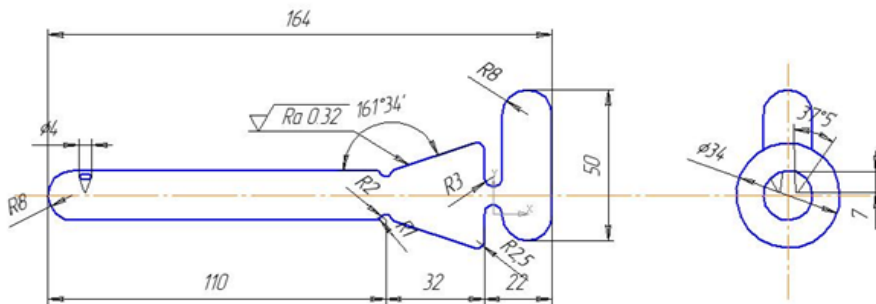


Рис. 4. Кран-дозатор штабика амальгамы

Таким образом удалось получить опытные образцы ЛЛ со следующими количествами ртути: 1,0; 1,5; 2,0; 4,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 12,0 мг.

Разработка и реализация данного способа измерения количества ртути позволит оперативно и без разрушения лампы определять количество ртути, что приведет к увеличению производства качественной, экологически безопасной и ресурсосберегающей продукции.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент 2410791 Российская Федерация. Способ неразрушающего контроля количества ртути в трубчатой люминесцентной лампе и устройство для его осуществления / А. А. Горбунов ; № 2010102332/07 ; заявл. 25.01.2010 ; опубл. 27.01.2011, Бюл. № 3.3.

Поступила 11.01.2014 г.

Об авторе:

**Горбунов Алексей Алексеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры светотехники светотехнического факультета ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева» (г. Саранск, Россия), alexd@mail.ru

Для цитирования: Горбунов, А. А. Разработка способа измерения количества ртути в люминесцентных лампах диаметром 16 мм / А. А. Горбунов // Вестник Мордовского университета. – 2014. – № 1. – С. 81–84.

## REFERENCES

1. Spособ nerazrushajushhego kontrolja kolichestva rtuti v trubchatoj ljuminescentnoj lampe i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija [The method of nondestructive inspection of mercury amount in a tubular fluorescent lamp and the device for its implementation]. Russian Federation Patent no. 2410791. Application 2010102332/07, 25.01.2010. Cl. МПК H01J 9/42. Publ.: 27.01.2011. Bull. № 3

About the author:

**Gorbunov Aleksey Alekseevich**, Docent, Department of Light Engineering, Faculty of Light Engineering, Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia), Kandidat Nauk (PhD) degree holder in Technical sciences, alexd@mail.ru

For citation: Gorbunov A. A. Razrabotka sposoba izmerenija kolichestva rtuti v ljuminescentnyh lampah diametrom 16 mm [The Development Of A Method Of Measuring The Amount Of Mercury In 16 Mm Tube Fluorescent Lamps]. *Vestnik Mordovskogo Universiteta* – Mordovia University Bulletin. 2014, no. 1, pp. 81 – 84.