

## Оценки эффективности источников видимого и УФ – света

*В.Б. Киреев, Е.П. Шешин*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Одной из приоритетных задач является разработка и широкое применение эффективных энергосберегающих и экологически чистых источников света, что требует использования адекватных критериев их эффективности [1].

В качестве такого критерия предлагается отношение общего полезного эффекта, (для источников света – общий световой поток в заданном спектральном диапазоне, произведённый за всё время эксплуатации, если необходимо, скорректированный на спектр действия, например, в соответствии с кривой видности для источников видимого излучения) к общим энергетическим затратам за весь жизненный цикл изделия, включая полный производственный цикл, период эксплуатации, учитывая внешние экологические издержки и затраты на утилизацию.

Модифицированный критерий экономической эффективности –  $Ef$  (размерность лм час на денежную единицу для источников света общего назначения и размерность энергетические единицы на денежную единицу для источников ультрафиолетового излучения), представляющий собой отношение полезного эффекта к денежным затратам с учётом дисконтирования уже был нами успешно использован для сравнительного анализа перспектив использования и создания новых автокатодных источников света общего назначения на основе катодолюминесценции [1]:

$$Ef = \left( \frac{P}{S \times T} + \frac{P_{el}}{E \times D} \right)^{-1}, \quad (1)$$

Данный критерий учитывает физико-технические параметры самого источника света:

- световой поток (суммарная мощность световой энергии, излучаемой источником света в заданном (эффективном) спектральном диапазоне) –  $S$  в лм для источников света общего назначения в видимом спектральном диапазоне и в Вт для источника ультрафиолетового излучения в заданном спектральном диапазоне (например, на участке спектра действия дезинфицирующего эффекта для бактерицидных ламп);
- энергетическая эффективность или световая отдача (отношение светового потока к мощности подводимой к источнику света электрической энергии) –  $E$  измеряемая в лм/Вт для ламп общего назначения или безразмерный коэффициент для данного спектрального диапазона ультрафиолетовых ламп (КПД преобразования подводимой электроэнергии в световую энергию в спектральном диапазоне эффективного действия источника света (например для бактерицидной лампы в диапазоне 230 – 280 нм, а для УФ ламп для фото каталитической очистки на основе  $TiO_2$  в диапазоне 300 – 360 нм);
- ресурс работы –  $T$  в час;

производственные и экологические характеристики:

- затраты на производство и последующую утилизацию –  $P$  в денежных единицах (установочная стоимость источника света с учётом экологических издержек на его производство и экологических издержек на его эксплуатацию и утилизацию, приведённых к периоду начала эксплуатации, например, учитывающие залоговую стоимость экологически опасной лампы);

характеристики эксплуатации источника света и изменения экономической конъюнктуры, а также ожиданий потребителя во времени:

- цена электроэнергии –  $P_{el}$  в денежных единицах на Вт.час на момент установки;
- динамика изменения цены электроэнергии, динамика её потребления (режимы работы источника света во времени в период его использования), с учётом динамики изменения интегральных экономических характеристик и психологических аспектов ожиданий потребителя по распределению платежей во времени, объединённые в единый показатель – коэффициент дисконтирования –  $1/D$ , характеризующий приведение эксплуатационных

затрат, распределённых во времени с учётом ожиданий потребителя и рисков, к моменту установки источника света. Заметим, что фактор  $D$  зависит от ресурса работы источника света  $T$  и от режима его эксплуатации (от периода времени, в течение которого вырабатывается ресурс – причём при прочих равных условиях, чем реже источник света используется, тем больше период выработки его ресурса) и растёт с их увеличением.

При различных предположениях относительно экономической конъюнктуры, психологии потребителя, динамики распределения и общего периода платежей и времени эксплуатации источника света параметр  $D$  может варьироваться в широких пределах (ориентировочно наиболее вероятный диапазон значений от 2 до 10).

Проведённый в работе сравнительный анализ существующих и перспективных источников света общего назначения показал, что в настоящее время вполне конкурентоспособными с существующими являются источники света видимого диапазона с величиной эффективности в диапазоне 20 – 30 клм час/руб. или 1200 – 1800 клм час/\$.

В работе также проведено сравнение характеристик УФ-источников света, различного типа, исходя из ориентировочных оценок себестоимости при их массовом производстве, используя выражение (1) при следующих допущениях:

- $S$  – световой поток (суммарная мощность световой энергии, излучаемой источником света в заданном (эффективном) спектральном диапазоне);
- $E$  – КПД преобразования электрической энергии, подводимой к лампе, в световую энергию в используемом спектральном диапазоне.

Так, например, в спектральном диапазоне 300-380 нм для светодиодных (LED) источников света эффективность составила величину до  $6 \cdot 10^{-3}$  кВт час/руб., для ртуть содержащих газоразрядных ламп эффективность составляет величину до  $5 \cdot 10^{-2}$  кВт час/руб. Предварительные данные для опытных образцов автокатодных люминесцентных ламп (АКЛЛ), разработанных в лаборатории кафедры вакуумной электроники МФТИ, представлены на рисунке.

Как видно из представленных данных при реализации КПД около 10% для АКЛЛ мощностью 1 Вт при их стоимости порядка 50 руб. вполне достижимы значения эффективности выше  $10^{-2}$  кВт час/руб.

Обсуждаются перспективные направления улучшения физико-технических характеристик автокатодных люминесцентных источников света для различных спектральных диапазонов.

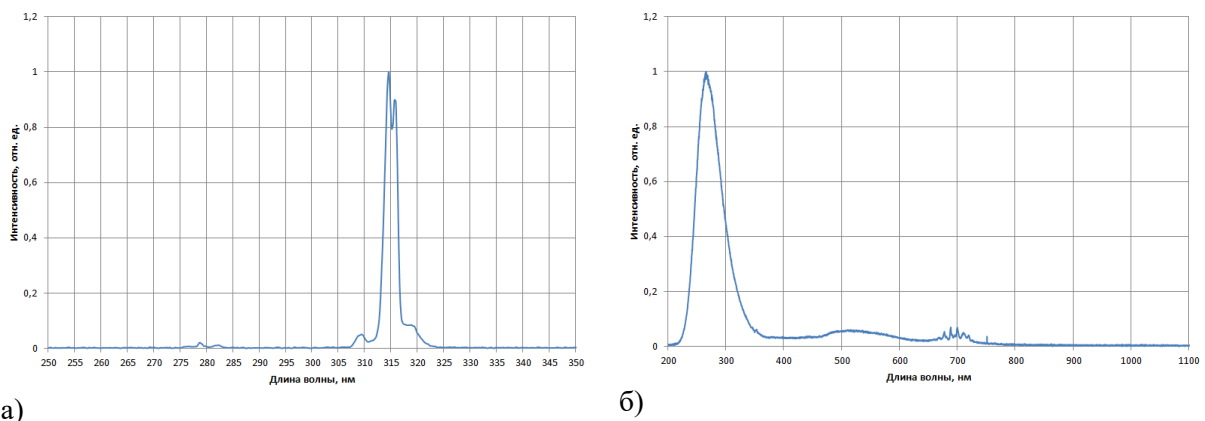


Рис.1. Спектральные характеристики экспериментальных ультрафиолетовых автокатодных люминесцентных ламп (АКЛЛ), разработанных в МФТИ:

а) АКЛЛ на основе люминофора ПЛАТАН КЛ-УФ 752 с катодом из nano структурированного углеродного волокна. Полный поток излучения в диапазоне 10 – 22 мВт. (КПД преобразования энергии до 5%, эффективность преобразования до  $8 \cdot 10^{-3}$  кВт час/руб.);

б) АКЛЛ на основе люминофора  $ZnAl_2O_4$  с катодом из nano структурированного углеродного волокна. Полный поток излучения в диапазоне 0,1 – 1,5 мВт. (КПД преобразования энергии до 0,25%, эффективность преобразования до  $1,5 \cdot 10^{-4}$  кВт час/руб.).

## Литература

1. Bugaev A.S., Kireev V.B., Sheshin E.P., Kolodyazhnyj A.Yu. Cathodoluminescent light sources: status and prospects// Physics Uspekhi 2015 V. 58 (8) P 792-818.