

## **О применении тепловых труб в конструкции светодиодных светильников**

Ю. В. Трофимов<sup>а</sup>, О. Г. Пенязьков<sup>б</sup>, С. И. Лишик<sup>а</sup>, П. П. Першукевич<sup>а</sup>,  
Л. Л. Васильев<sup>б</sup>

<sup>а</sup> *Государственное предприятие «ЦСОТ НАН Беларуси», Минск, Беларусь,  
e-mail: sergey.lishik@gmail.com*

<sup>б</sup> *Институт тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь*

Представлены результаты применимости тепловых труб в качестве теплоотвода для мощных светодиодных светильников, предназначенных для внутреннего освещения промышленных объектов: цехов, складов, спортивных комплексов и т.п. Исследованы различные конструкции светодиодных светильников с точки зрения оптимального теплового дизайна, технологичности, простоты изготовления и минимизации себестоимости. Разработан светодиодный светильник, отличающийся низким энергопотреблением, небольшим весом и габаритными размерами. Партия разработанных светодиодных светильников проходит опытную эксплуатацию на реальном объекте.

**Ключевые слова:** светодиодный светильник, тепловая труба.

### **Введение**

В настоящее время для освещения цехов, производственных помещений, складов, спортивных комплексов, арен и т.п. применяются преимущественно светильники на основе газоразрядных ламп типа ДНаТ, ДРЛ мощностью от 400 Вт и выше. Кроме большой потребляемой электрической мощности у таких светильников есть еще один недостаток – наличие ртутисодержащих компонентов. Ртуть относится к классу особо опасных химических веществ вредных для здоровья человека и экологии, Поэтому после завершения эксплуатации такие лампы подлежат утилизации.

Следует также отметить, что с ростом эффективности светодиодов на рынке начали появляться светодиодные промышленные светильники. В основе конструкции корпуса таких светодиодных светильников лежат алюминиевые детали, полученные методом литья или экструзии. Корпус светильника выступает в качестве теплового радиатора, поэтому для обеспечения оптимальных температурных режимов работы светодиодов, вышеупомянутые алюминиевые детали имеют большие габаритные размеры и вес. Например, длина 200 Вт светодиодного светильника может достигать 0,7 м, а вес – свыше 15 кг. Очевидно, что конструкция таких светильников не оптимальна с точки зрения рационального расходования материалов, сырья и комплектующих.

Таким образом, целью настоящей работы является разработка светодиодного промышленного светильника, характеризующегося низким энергопотреблением, компактными размерами, небольшим весом и высокой технологичностью изготовления.

### **1. Описание образцов**

Для достижения поставленной цели была применена инновационная система отведения тепла на основе тепловых труб, разработка которой осуществлялась совместно Центром светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси и Институтом тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова НАН Беларуси.

Фотографии макетных и экспериментальных образцов созданных светодиодных светильников с теплоотводом на основе тепловых труб приведены на рис. 1.

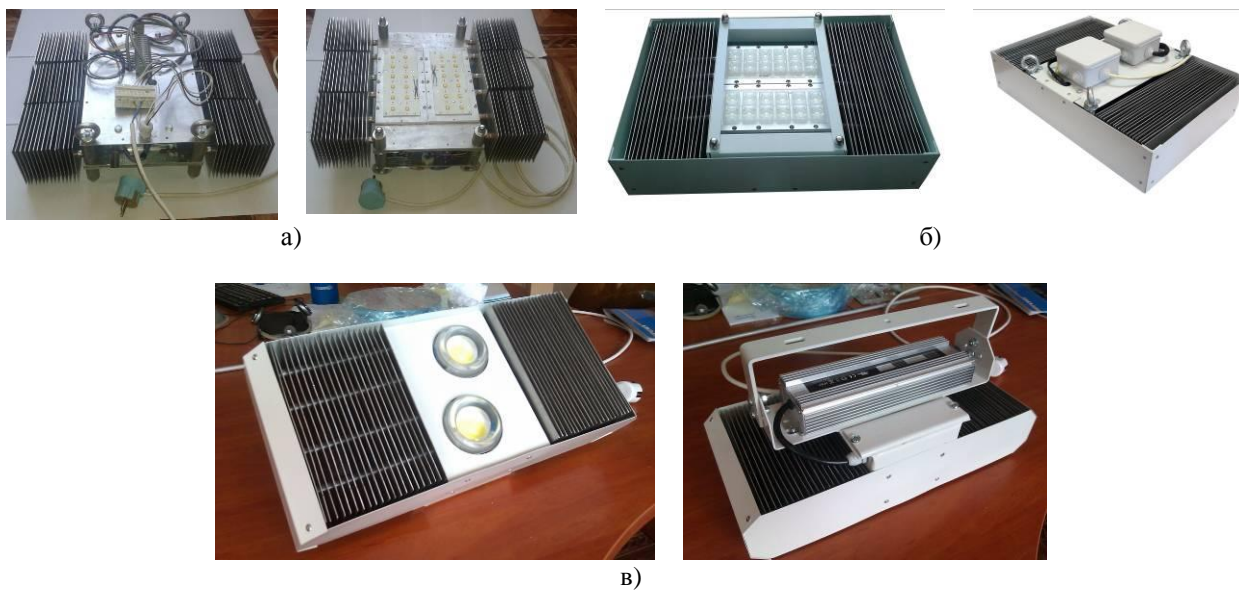


Рис. 1 – Фотографии макетных и экспериментальных образцов промышленного светодиодного светильника.

На рис. 1а представлены фотографии одного из первых макетных образцов светодиодных светильников с теплоотводом на основе тепловых труб. В данном случае тепловой радиатор состоял из 6 отдельных модулей рассчитанных на отведение мощности 35Вт. Каждый теплоотводящий модуль имел медное основание с запрессованными в него 2 тепловыми трубами, на которых было закреплено N-ое количество теплорассеивающих ребер (пластин). Все 6 теплоотводящих модулей были прикреплены к тыльной стороне алюминиевой пластины, на лицевой стороне которой смонтированы 2 матрицы дискретных светодиодов суммарной мощностью не более 220Вт.

Наличие большого количества теплоотводящих модулей и потенциально высокая сложность их сборки послужили причиной изготовления другой более технологичной конструкции светильника (рис. 1б). В отличие от предыдущей конструкции, в данном случае тепловой радиатор состоит только из 2 теплоотводящих модулей, расположенных по обе противоположные стороны от верхнего алюминиевого основания. Каждый светодиод, как видно из рис. 1б, используется совместно с оптическим элементом – линзой. Это существенно усложняет технологию сборки светильника при серийном производстве.

На рис. 1в представлена третья версия светодиодного светильника, лишенная вышеописанных недостатков. Светильник состоит из двух 100 Вт светодиодных СОВ-модулей, линз, теплового радиатора, блока питания, присоединительного отсека, декоративного кожуха и крепления типа лиры.

Тепловой радиатор состоит из основания и двух блоков теплорассеивающих ребер, расположенных по обе противоположные стороны от него и соединенных с основанием посредством тепловых труб. Основание предназначено для монтажа светодиодных СОВ-модулей. Каждый блок теплорассеивающих ребер представляет собой набор из 17 теплорассеивающих ребер (пластин), соединенных друг с другом и с основанием посредством 4 тепловых труб.

Суммарная теплорассеивающая площадь ребер радиатора такова, что вкупе с характеристиками тепловых труб обеспечивает оптимальные температурные режимы работы светодиодных модулей. В такой конструкции отношение массы теплового

радиатора к площади его теплорассеивающей поверхности в несколько раз меньше, чем в случае традиционной конструкции, основанной на использовании литых или экструдированных алюминиевых деталей, где существуют технологические ограничения на изготовление тонких и длинных теплорассеивающих ребер.

Следует отметить, что в отличие от известных конструкций светодиодных светильников с теплоотводом на основе тепловых труб, в описанной конструкции оба блока из теплорассеивающих ребер расположены не над, а сбоку от светодиодных модулей. Такая система более эффективна с точки зрения теплоотвода, так как расположение светодиодных модулей не препятствует перемещению восходящих воздушных потоков.

## 2. Результаты исследований

Результаты тепловизионных измерений, описанные в данном разделе, были получены на оборудовании аккредитованной испытательной лаборатории Государственного предприятия «ЦСОТ НАН Беларуси» с использованием тепловизора FLIR A325. Необходимо отметить, что открытые металлические поверхности (неокрашенные алюминиевые детали, облуженные контактные площадки печатных плат) имеют на порядок меньшую излучательную способность в ИК диапазоне, поэтому они выглядят на данном рисунке гораздо холоднее других деталей корпуса и электронных компонентов, в том числе светодиодов.

На рис. 2а представлена термограмма теплоотводящего модуля, со светодиодной печатной платой, установленной на его медное основание. Как видно из рис. 2б стабилизация температуры печатной платы наступила на 25 минуте эксперимента на отметке около 55°C, что соответствует рекомендованному производителем допустимому температурному режиму работы светодиодов (< 65°C).

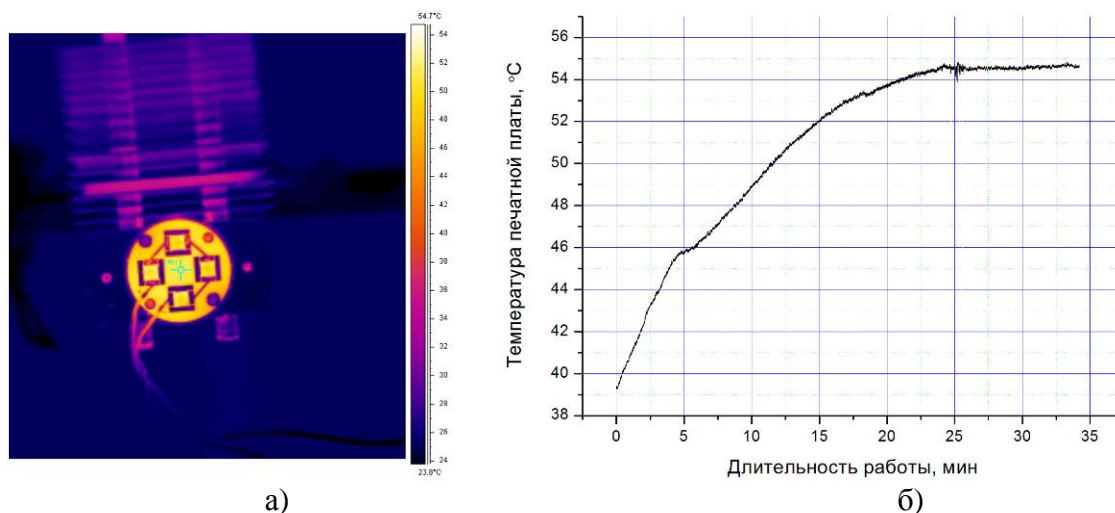


Рис. 2 – Термограмма печатной платы, установленной на основание теплоотводящего модуля (а) и график зависимости ее температуры от времени эксперимента (б)

На рис. 3 представлены термограммы светодиодного светильника, собранного с использованием теплоотводящих модулей в соответствии с описанием, приведенным в разделе 1. Как следует из рис. 3а температура в контрольных точках не превысила 59°C, что является достаточно хорошим показателем для светильника с такими габаритными размерами (420x285x100мм) и потребляемой электрической мощностью

(около 190 Вт). Стабилизация теплового режима работы светодиодов произошла примерно за 50 мин.

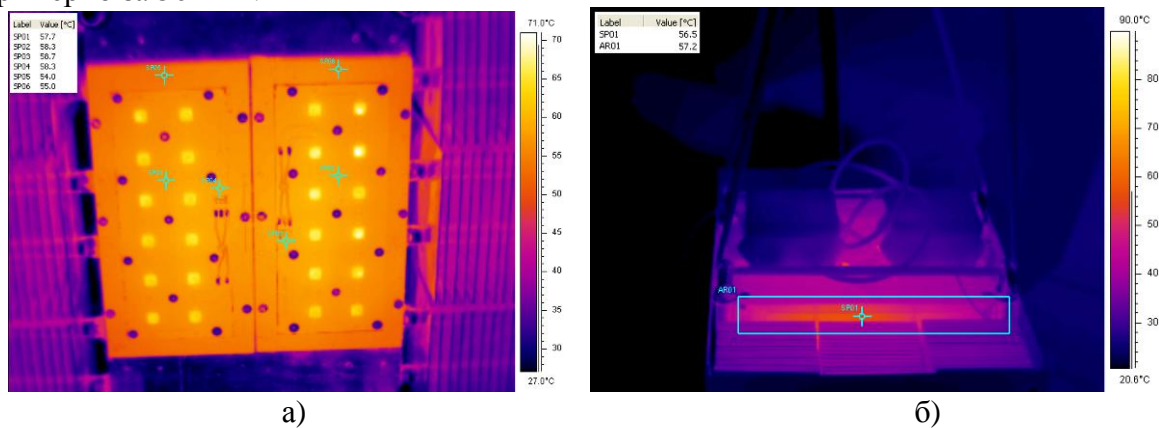


Рис. 3 – Термограммы печатных плат (а) и блока питания (б) светильника

Так как тепловое сопротивление использованных светодиодов составляло 1,25 °C/Вт, то температура р-п перехода светодиодов лежит предположительно в диапазоне от 75° C до 80°С.

Важной целью теплового дизайна светодиодных светильников является также обеспечение оптимальных температурных режимов работы других элементов его конструкции, в том числе блоков электрического питания, преобразователей. На рис. 3б показана термограмма корпуса светильника в направлении места установки его двух блоков питания. Как следует из рис. 3б, температура блока питания составила ~57°С.

На рис. 4 представлена термограмма основания теплового радиатора с установленными на нем светодиодными COB-модулями мощностью по 100Вт каждый. Из рис. 4 следует, что максимальная температура, до которой нагрелась поверхность светодиодных COB-модулей в точках SP01 и SP02, составила 58,8°С при комнатной температуре 20,7°С. Максимальная допустимая температура для использованных COB-модулей равняется 120°С.

Прочие технические характеристики разработанного светодиодного промышленного светильника приведены в табл. 1.

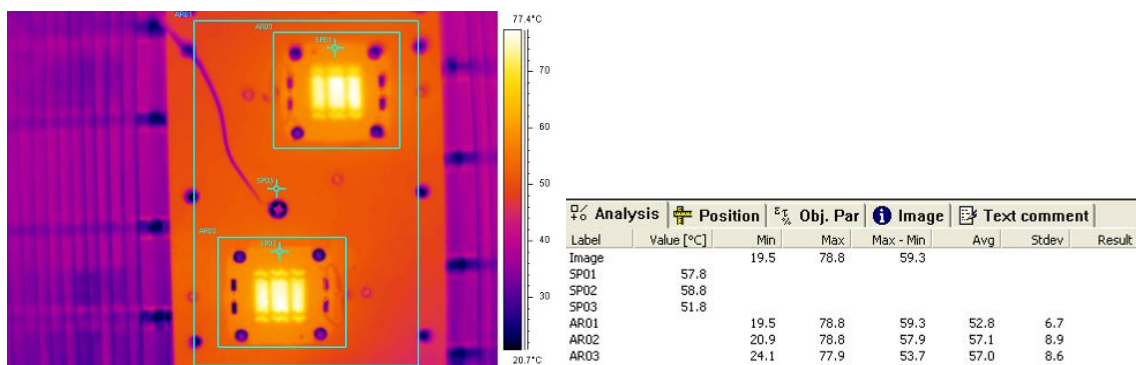


Рис. 4 – Термограмма теплового радиатора с установленными на нем светодиодными модулями.

## **1. Внедрение**

Опытная партия светодиодных промышленных светильников с теплоотводом на основе тепловых труб (рис. 1б) была установлена в производственном цехе Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси.

Табл. 1 – Технические характеристики разработанного светильника

Класс светораспределения	П - прямого света (СТБ 1944)
Тип кривой силы света (КСС)	Г - глубокая
Напряжение питания:	~ 170... 264 В (номинальное напряжение 230 В)
Частота	50 ± 1 Гц (номинальная частота 50 Гц)
Коэффициент мощности	0,95
КПД светильника	не менее 70%
Класс энергетической эффективности	A (ГОСТ 8045)
Класс защиты	I (СТБ ИЕС 60598-1)
Цветовая температура	4000 К
Индекс цветопередачи, не менее	70
Диапазон рабочих температур	- 35... +45 °С (У1*, ГОСТ 15150)
Степень защиты	IP 66
Масса, не более, кг	7
Габаритные размеры, мм	405*215*230
Срок службы	10 лет
Гарантийный срок эксплуатации	3 года
Способы установки:	потолочный – на цепях, на лире

На рис. 5 представлены результаты светотехнического моделирования освещения производственного цеха. Размеры цеха – 60×18 м. Высота подвеса светильников 9 м. В производственном цеху выполняются преимущественно сварочные и сборочные работы крупных металлоконструкций. Требуемый уровень освещенности в соответствии с ТКП составляет 300 лк.

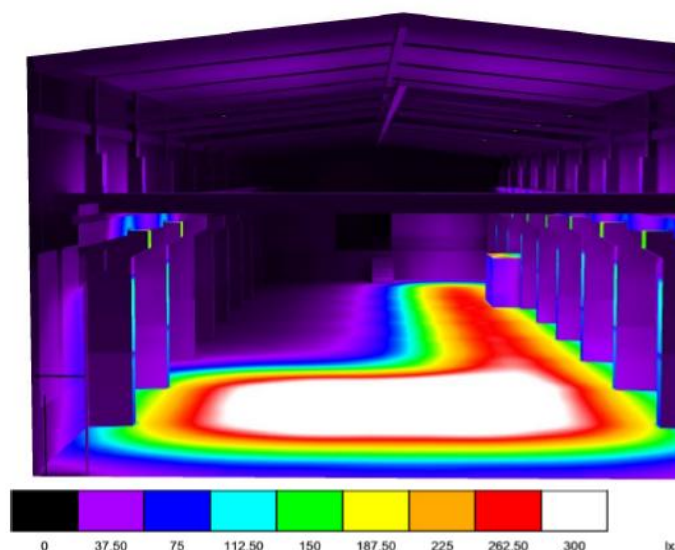


Рис. 5 – 3D визуализация освещения производственного цеха.

Фотографии освещения цеха до и после его модернизации представлены на рис. 6. В рамках модернизации цехового освещения произведена замена 12 светильников на основе ламп накаливания мощностью 1000 Вт на 12 светодиодных светильников с теплоотводом на основе тепловых труб мощностью 200 Вт. Низкое энергопотребление и практически полное отсутствие эксплуатационных затрат обеспечивают быструю окупаемость инвестиций.

Следует отметить, что уровень освещенности приведен в соответствие с действующими нормами, обеспечено высокое качество освещения, отсутствует эффект ослепления, отрицательные отзывы от работников цеха не поступали.

Также необходимо отметить, что разработанный светильник занял первое место в номинации «Промышленные технологии и продукция машиностроения, приборостроения, металлургии, электротехнической, оптико-механической, электронной промышленности» на 11-ом международном конкурсе энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий и оборудования, проходившем 20-23 мая 2014 года в рамках Белорусского промышленного форума-2014.



Рис. 6 – Фотографии цеха до и после модернизации его системы электроосвещения.

### **Заключение**

Таким образом, в результате проведенных исследований разработан светодиодный промышленный светильник, отличающийся использованием инновационной системы отведения тепла, низким энергопотреблением и небольшими массо габаритными размерами. Результаты эксплуатации опытной партии разработанных светодиодных светильников свидетельствуют о возможности его применения для внутреннего освещения производственных, промышленных помещений, складских комплексов и т.п.

### **On application of heat pipes in design of LED lights**

Y. V. Trofimov <sup>a</sup>, O. H. Penyazkov <sup>b</sup>, S. I. Lishik <sup>a</sup>, P. P. Pershukevich <sup>a</sup>, L. L. Vasiliev <sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Center of LED and optoelectronics technologies of NASB, Minsk, Belarus;*  
*e-mail: [sergey.lishik@gmail.com](mailto:sergey.lishik@gmail.com)*

<sup>b</sup> *Institute of heat and mass transfer of NASB, Minsk, Belarus*

The results of the applicability of the heat pipes as a heat sink for high-power LED lights designed for indoor lighting industrial facilities (shops, warehouses, sports complexes, etc.) are presented. Different designs of LED lights in terms of optimum thermal design, manufacturability, ease of manufacture and cost reduction

are investigated. LED light with low power consumption, low weight and small dimensions are developed. The batch of developed LED lights is now undergoing a trial operation on the real object.

**Keywords:** LED light, heat pipe.