

Л.Л. Васильев, д.т.н. | Ю.В. Трофимов, к.т.н. | А.С. Журавлев, к.т.н. | М.И. Рабецкий, к.т.н.

Л.Л. Васильев мл., к.т.н. | С.И. Лишик, к.т.н. | П.П. Першукевич

ИННОВАЦИОННЫЙ РАДИАТОР С ТЕПЛОВЫМИ ТРУБАМИ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЩНЫХ СВЕТОДИОДНЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Аннотация

Приведены результаты работы по созданию новой серии промышленных осветительных приборов на базе инновационного радиатора с тепловыми трубами, отличающихся высокой эффективностью, малым весом и габаритами, длительным сроком службы по сравнению с традиционными светильниками.

Abstract

The results of work on the creation of a new series of industrial lighting devices based on innovative radiator with heat pipes, characterized by high efficiency, low weight and dimensions, long service life compared to conventional lamps, are shown.

В связи с необходимостью экономии энергоресурсов в последние годы большое внимание уделяется созданию твердотельных источников света на основе светодиодов, предпринимаются меры по разработке и исследованию осветительных приборов на их основе. Сегодня светоизлучающие диоды широко применяются для подсветки различной аппаратуры, компьютерных экранов, в системах сигнализации и освещения автомобилей. Последнее время во все большей степени светоизлучающие диоды используются для освещения жилых и промышленных помещений, улиц, дорог и площадей, т.е. достаточно масштабных объектов [1].

Основными преимуществами светодиодных источников света является их высокий КПД светоотдачи, более качественный спектр белого излучения [2]. Они миниатюрны, обладают длительным сроком службы, высокой надежностью работы, устойчивы к внешним воздействиям. В настоящее время световая эффективность полупроводниковых излучателей достигла 100–150 лм/Вт. Вместе с тем, стремление к дальнейшему повышению плотности светового потока неизбежно приводит к повышению величины электрического тока, проходящего через кристалл полупроводника и, как следствие, к увеличению его тепловыделения. При неправильном тепловом расчете светодиода излишек тепла повышает температуру активной области кристалла, что приводит к уменьшению максимальной интенсивности освещения и ограничивает срок службы светодиода.

Несмотря на увеличение мощности осветительных светодиодов, их размеры

остаются неизменно малыми. В совокупности с жесткими ограничениями рабочей температуры светодиодов это сильно усложняет процесс теплообмена внутри осветительного прибора. Чем больше потребляемая светодиодом электрическая

мощность, тем сложнее его охлаждение. Перегрев светодиода резко снижает его светоотдачу и уменьшает срок его службы. Таким образом, создание эффективных и компактных систем охлаждения светодиода является актуальной проблемой, которая может быть решена с помощью использования охладителей на тепловых трубах, обладающих сверхвысокой теплопроводностью. Охладители на тепловых трубах облегчают компоновку радиатора, являются технологичными при их производстве и монтаже, обеспечивают высокую изотермичность теплоотдающей поверхности, благодаря чему осветители работают при оптимальной температуре, одинаковой по всему объему радиатора.

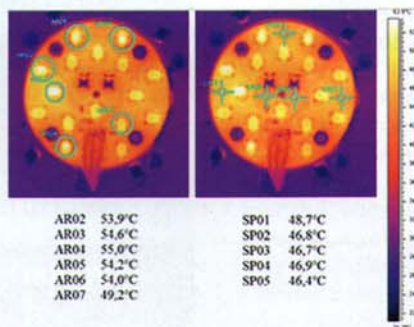


Рис. 1. Термограмма печатной платы после 180 мин. работы при температуре окружающего воздуха 22°C и горизонтальном расположении светильника

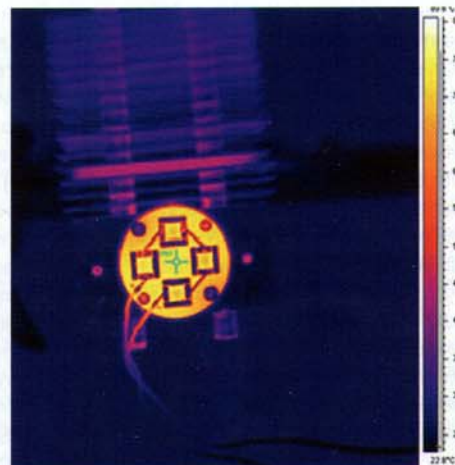
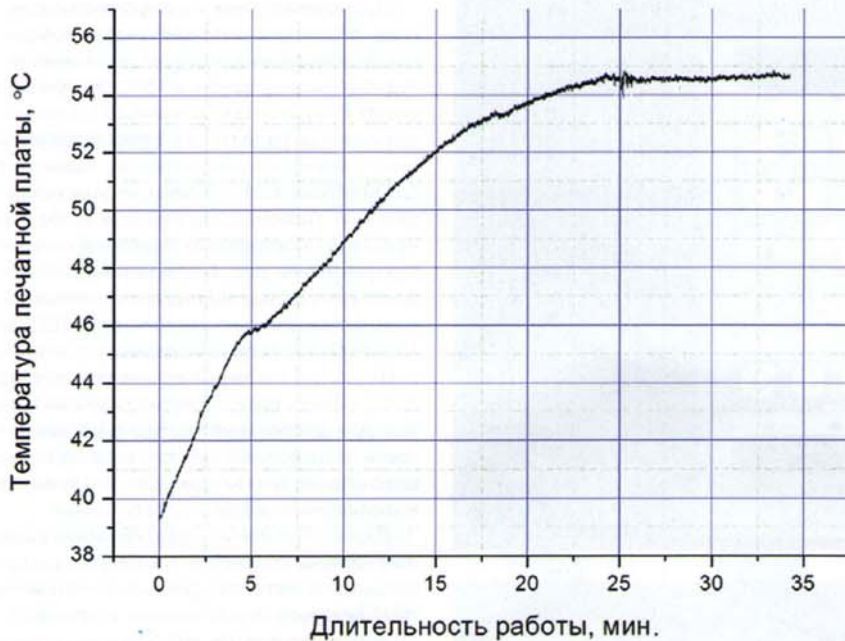


Рис. 2. График зависимости температуры поверхности печатной платы светодиодного светильников от времени эксперимента при хорошем тепловом контакте между печатной платой светильника и монтажным основанием радиатора



В Лаборатории пористых сред Института тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси создана и исследована новая конструкция радиатора на тепловых трубах, предназначенная для охлаждения инновационного светодиодного осветителя. Созданное изделие нашло применение в конструкции промышленного светильника ДСП01-24X8 и ДСП01-2x100-001 У1* «ПРОМСВЕТ»[3], разработанного в Центре светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси.

Результаты работы позволяют сделать вывод о перспективности такой системы охлаждения светодиодных осветительных приборов и необходимости дальнейшего развития данного направления.

1. Охладители мощных светодиодных сборок, выполненных на единой печатной плате

Для обеспечения высокой эффективности охлаждения светодиодной печатной платы мощностью 30 Вт в Лаборатории пористых сред Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси был разработан образец радиатора, выполненного на тепловых трубах. Такие светодиодные осветители могут использоваться, например, в парниково-тепличных комбинатах.

Экспериментальные исследования системы охлаждения светодиодной сборки проводились совместно со специалистами Центра светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси методом инфракрасной термографии. Были проведены

исследования зависимости температуры печатной платы от времени эксперимента при различном отклонении светильника от плоскости горизонта. Максимальная температура печатной платы светодиода составляла не более 55°C, что соответствует допустимому тепловому режиму его эксплуатации. Стабилизация теплового режима работы светодиодов происходила за 25 мин. (рис. 1–2).

Оригинальность технических решений, которые нашли применение при разработке устройства для охлаждения светодиодных

печатных плат на базе тепловых труб, отражена в патенте Республики Беларусь на полезную модель «Устройство для охлаждения осветительных приборов» [4].

2. Радиаторы на тепловых трубах для обеспечения тепловых режимов промышленного светодиодного светильника

При партнерстве с Центром светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси сотрудниками лаборатории пористых сред ИТМО НАН Беларуси был создан радиатор на тепловых трубах для обеспечения оптимальных тепловых режимов промышленного светодиодного светильника [5].

2.1. Конструкция радиатора

Разработанное устройство предназначено для обеспечения тепловых режимов промышленного светильника ДСП01-24x8-003 мощностью 215 Вт и состоит из двух симметрично расположенных блоков, содержащих 4 медные тепловые трубы диаметром 10 мм, объединенные общим пластинчатым оребрением (18 ребер из листового алюминиевого сплава толщиной 1 мм на каждом блоке).

Общий вид радиатора на тепловых трубах представлен на рис. 3, фотография светильника в сборе с радиатором показана на рис. 4.

На этапе проектирования с помощью компьютерного моделирования были определены теплотехнические характеристики радиатора. Термограмма, построенная на основании расчетных значений температур элементов охлаждающего устройства, показана на рис. 5.

Термограммы показывают, что, согласно расчетным данным, разница между значениями температуры наиболее и наиме-

Рис. 3. Радиатор на тепловых трубах для охлаждения светодиодов: 1 – пластина радиатора, 2 – монтажное основание, 3 – тепловая труба

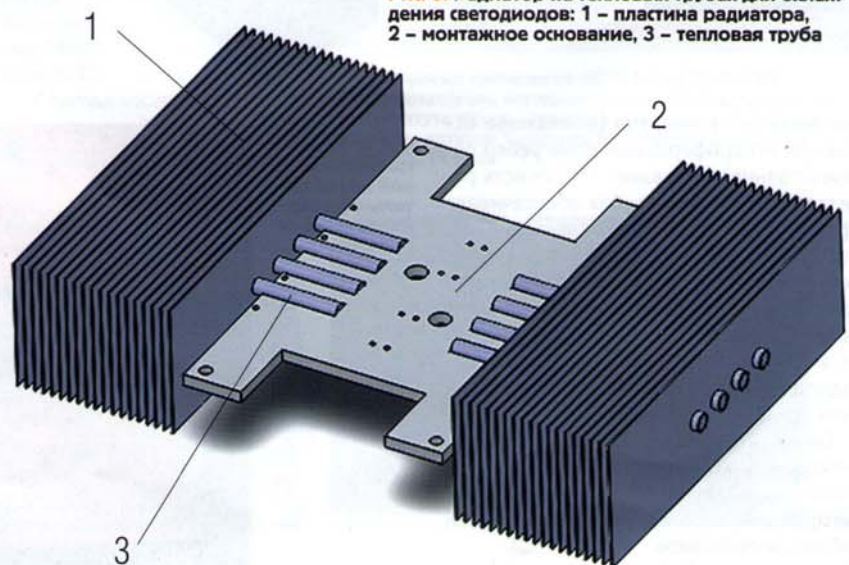


Рис. 4. Промышленный светильник ДСП01-24x8 мощностью 215 Вт с радиатором на тепловых трубах

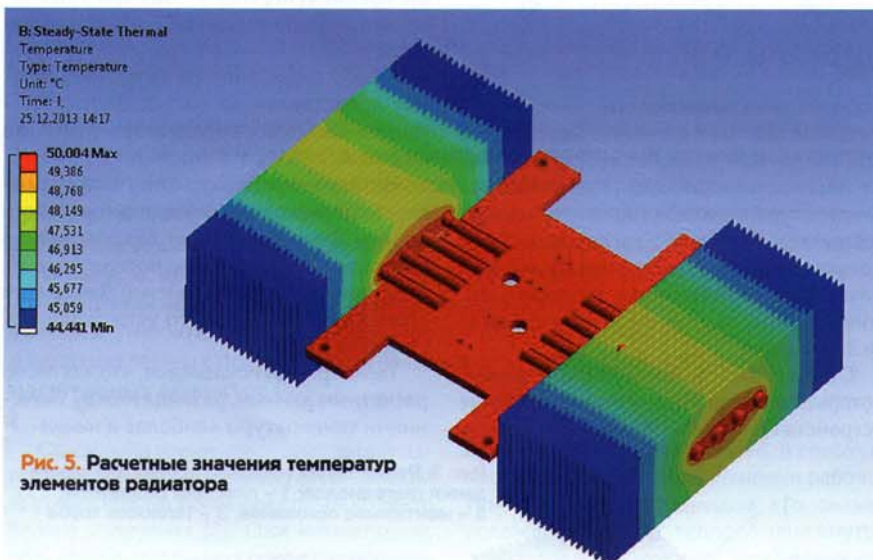
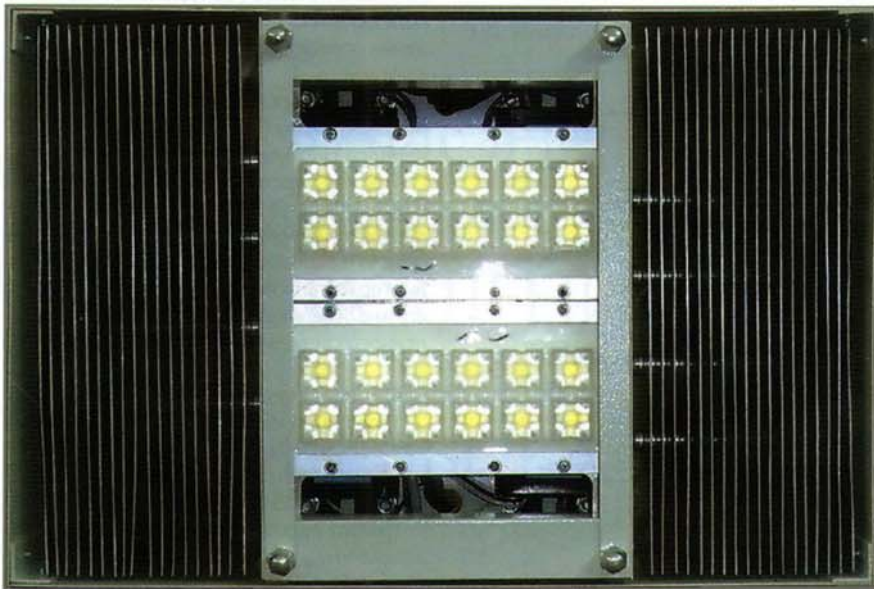
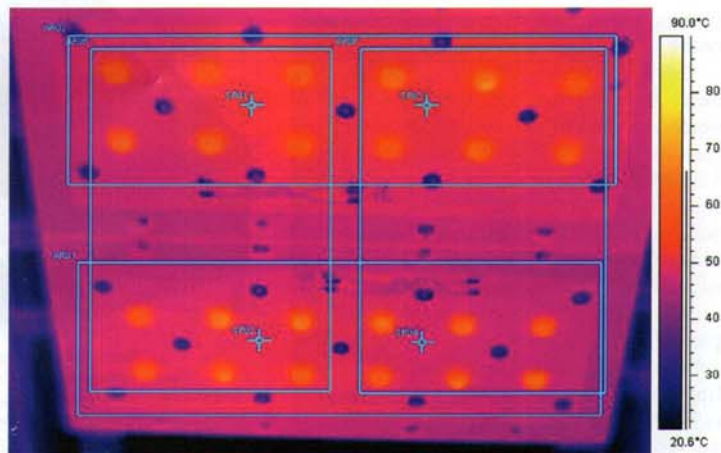


Рис. 5. Расчетные значения температур элементов радиатора

нее нагретых элементов (монтажное основание и периферийные зоны ребер соответственно) составляет 5°C, то есть радиатор на тепловых трубах обеспечивает эффективный отвод тепла от светодиодов. Эти данные подтверждаются термограммой, полученной с помощью тепловизионной съемки в процессе климатических испытаний прибора, которые были проведены на экспериментальной базе Центра светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси (рис. 6).

Таким образом, можно сделать вывод, что созданный радиатор на тепловых трубах стабильно поддерживает тепловые режимы светодиодов, необходимые для надежной работы светильников.

Рис. 6. Термограмма печатной платы светильника с инновационным радиатором



2.2. Сопоставление светильника с радиатором на тепловых трубах с серийным аналогом радиатора

Применение данного радиатора позволило обеспечить изотермичность поверхности теплообмена между отдельными светодиодами в пределах $\pm 0,5^\circ\text{C}$ при уменьшении габаритов светильника в 1,5 и уменьшении массы радиатора в 3 раза по сравнению с серийно выпускаемым аналогом ДСП01-160x2-001 У1*, оснащенный традиционной системой охлаждения (табл. 1). Разница в габаритах этих изделий проиллюстрирована на рис. 7. Из-за меньшей эффективности традиционно применяемых систем охлаждения на светильнике ДСП01-160x2-001 У1* было невозможно применить светодиоды такой же мощности, как на ДСП01-24x8 с радиатором на тепловых трубах. Для достижения требуемой освещенности потребовалось использование большего количества светодиодов, что привело к увеличению габаритов светильника.

Партия светильников ДСП01-24x8 была изготовлена совместно с Центром светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси и установлена в производственном корпусе Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси совместно со светильниками ДСП01-160x2-001 У1*. Это позволило провести сравнение характеристик двух конструкций радиаторов в условиях натурных испытаний. Эксплуатационные испытания двух видов светильников в реальных условиях в течение контрольного периода времени позволили выявить достоинства и недостатки светильников и сделать вывод о перспективности каждого из них.

Светодиодный светильник с теплоотводом на тепловых трубах, разработанный Государственным предприятием «ЦСОТ НАН Беларуси» совместно с ГНУ «Институт тепло- и массообмена НАН Беларуси», занял первое место в номинации «Промышленные технологии и продукция машиностроения,

приборостроения, металлургии, электротехнической, оптико-механической, электронной промышленности» 11-го конкурса энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий и оборудования, прошедшего в рамках Белорусского промышленного форума-2014.

Заключение

Анализ опубликованных данных и результаты собственных исследований авторов позволяют сделать вывод, что светодиодные сборки с радиаторами на тепловых трубах весьма перспективны для применения в качестве мощных светильников. Они выгодно отличаются от других источников света по таким важным параметрам как энергопотребление, световая отдача, масса, срок эксплуатации, компактность и др. Другим немаловажным фактором является их более низкая себестоимость по сравнению со стандартными решениями за счет снижения массогабаритных параметров как самих радиаторов, так и осветительных приборов с радиаторами на тепловых трубах в целом.

Данная работа выполнена по инициативе и при поддержке Фонда развития Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси.

Литература

1. Трофимов Ю.В., Поседько В.С., Лишик С.И., Цвирко В.И. Развитие светодиодной техники в Республике Беларусь (на примере Государственного предприятия «ЦСОН НАН Беларуси») // Перспективные технологии дисплеев и полупроводниковой осветительной техники. Мат-лы 19-го Межд. симп., Логойск, Минская обл., 2011. – С. 81–86.
2. Козловская В.Б., Радкевич В.Н., Сацукевич В.Н. Электрическое освещение. – Минск: Техноперспектива, 2011. – 543 с.
3. Светодиодный промышленный светильник ДСП01-2х100-001 У1* «ПРОМСВЕТ» [Электронный ресурс] : – Режим доступа : <http://www.ledcenter.by/produksiya/teplovietrubki.html> – Дата доступа : 14.12.2014.

Таблица 1. Параметры светильника ДСП01-160х2-001 У1* и ДСП01-24х8

Тип лампы	Светодиодные LED	КЛЛ (CFL)
 <p>ДСП01-160х2-001 У1*</p>	Потребляемая мощность, Вт	270
	Световой поток, лм	22 000
	Габариты, мм	760х275х285
	Масса, кг	17,1
	Рабочие температуры, °С	-35...+55
 <p>ДСП01-24х8</p>	Потребляемая мощность, Вт	215
	Световой поток, лм	18 000
	Габариты, мм	285х120х185
	Масса, кг	5,6
	Рабочие температуры, °С	-35...+55

4. Патент № 9489 РБ на полезную модель / Васильев Леонард Л., Васильев Леонид Л., Куликовский В. К. / «Устройство для охлаждения осветительных приборов». 30.08.2013.
5. Васильев Леонид Л. Радиаторы для охлаждения светодиодных ламп // Тезисы докладов Белорусско-латвийского форума «Наука, инновации, инвестиции», Минск, 25–27 сентября 2013 г. – С. 55. ■
Статья поступила в редакцию 27.04.2015



Рис. 8. Промышленный светильник ДСП01-2х100-001 У1* «ПРОМСВЕТ» с радиатором, изготовленным в Лаборатории пористых сред Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси и диплом 1 степени Белорусского промышленного форума 2014 года

Рис. 7. Светильники ДСП01-160х2-001 У1* с традиционной системой охлаждения (слева) и ДСП01-24х8 с радиатором на тепловых трубах

