

Олег Стукалов | o.stukalov@i-light.ru

«Триумф»

уличных светодиодных светильников

Компания «Ай Лайт» была основана в 2008 г. Предприятие занимается проектированием и производством светодиодных светильников, при этом приоритетным является направление уличного освещения. За время существования фирмы ее специалистами был выполнен ряд разработок, моделирование, стендовые испытания и налажено производство собственной продукции совместно с ОАО «Ковровский механический завод» (ГК «Росатом»), ООО «Итэлма» (г. Москва), ООО «МИКА Мотор» (Дмитровград, Ульяновская область). «Ай Лайт» неоднократно участвовала в специализированных выставках, в мае 2012 г. фирма получила аккредитацию в ОАО «Ленсвет». Большое внимание специалисты компании уделяют анализу конструктивных особенностей, в большей степени — недостатков, присущих продукции различных производителей аналогичной продукции.

Надо отметить, что практически все это время компания занималась НИОКР. Результатом этой длительной проектно-изыскательской и конструкторской работы явилось создание в 2011–2012 гг. абсолютно нового уличного светильника, отличающегося простотой конструкции и повышенной производительностью по отводу тепла, а также достоверно высокими показателями световой эффективности и новым дизайном. Данная серия светильников получила название «Триумф» и одна из модификаций представлена на рис. 1.



Рис. 1. Светодиодный светильник «Триумф» с широкой КСС, мощностью 150 Вт

Конструктивные особенности светильника

На стадии проектирования самой главной задачей является грамотная постановка ТЗ. В данном случае оно было максимально усложнено. С одной стороны, необходимо было учитывать, что количество компаний в сегменте уличного и иного наружного светодиодного освещения с каждым днем только увеличивается, и лишь ленивый не занимался светодиодным освещением, считая себя «докой» и предполагая, что простая закупка дешевых универсальных корпусных элементов и электронной начинки из Азии с последующей наклейкой этикетки «сделано в России» — это и есть пропуск к успеху в этой области. С другой стороны, бороться с этой импортируемой «дешевкой» и даже уже успевшими родиться в нашей стране ее копиями нужно было показательно, последовательно, длительно и, как оказалось, дорого, поскольку никакие налоговые или иные финансовые преференций со стороны государства таким компаниям-разработчикам, как «Ай Лайт», в законодательстве РФ не предусмотрено, во всяком случае на практике.

Стратегически было понятно, что пока на рынке не сформируются цивилизованные правила игры, не будут разработаны и приняты соответствующие единые нормативно-технические требования к различным категориям светодиодной продукции, отсеивающие с рынка массовые по количеству и дешевые по цене и внутреннему содержанию подделки, с учетом уже успешного сформироваться контингента лоббистов в пользу амбициозных и обленившихся «компаний-старожилов», которые массово «отоваривают» сегодня свои морально и физически устаревшие конструкции светильников разработки чуть ли не шестилетней давности и фактически уже не продвигающих, а дискредитирующих во всех смыслах привлекательность и актуальность «правильного» наружного, уличного светодиодного освещения, ведущих себя как фокусники-иллюзионисты в игре с цифрами в характеристиках и терминологией, будет очень непросто заявить и продвинуть на рынок абсолютно новый и честный продукт. Но знание и понимание принципиальных проблем, а также техническое несовершенство конструктива представленных сегодня на рынке в данном сегменте светодиодных светильников стимулировало специалистов «Ай Лайт» на дальнейшую работу в этой области.

Главные цели при создании именно уличного светильника, а не фонаря, были сформулированы в следующей концепции:

- Разработка абсолютно нового, с дизайнерской изюминкой, надежного, максимально простого по конструкции для дальнейшего массового производства высокоэффективного светодиодного уличного светильника с широкими и полуширокими диаграммами КСС при соблюдении размерной компактности и минимизации массы.
 - Создание корпуса светильника с избыточной производительностью по теплоотводу при повышенных режимах нагрузок, с сохранением оптимальных габаритов и массы, принятых за точку отсчета при проведенном тепловом моделировании, позволяющего линейно нагружать корпус тепловой нагрузкой до критических значений, не теряя световую эффективность светильника и не меняя его архитектуры.
 - Использование всех факторов, влияющих на увеличение производительности корпуса, не использованных или не в полной мере использованных в конструкциях других производителей.
 - Снижение себестоимости светильников с учетом особенностей конструкций современных опор освещения.
 - Обеспечение возможности массового тиражирования в условиях небольших и технически слабо оснащенных производств, в подавляющем большинстве существующих в РФ, т. е. исключение монополизма одного производителя, и направленность на массовость и дешевизну производства высокотехнологичной продукции любыми заинтересованными предприятиями.
- Конструктивно платформа светильника построена на запатентованной «Ай Лайт» идее так называемого «дышащего корпуса». Не раскрывая всех секретов конструкции, в двух словах отметим, что этот эффект создается за счет особенностей специально сконфигурированного алюминиевого профиля и дополнительных навесных аэродинамических элементов и, как ни смешно, элементарных законов физики. Грамотное совмещение всех перечисленных факторов в едином блоке позволило создать уже не необходимую, а избыточную производительность корпуса светильника по отводу тепла из световой камеры, что актуально при его эксплуатации, особенно в летний период времени. Были предусмотрены две ступени отвода тепла: основная (первичная) — внешний контур, и вспомогательная (вторичная) — во внутренней полости корпуса. Причем, меняя геометрию и сечение жалюзи в навесных элементах, производительность вторичной ступени теплоотвода можно увеличить еще больше. Но было принято решение остановиться на достигнутом оптимуме.

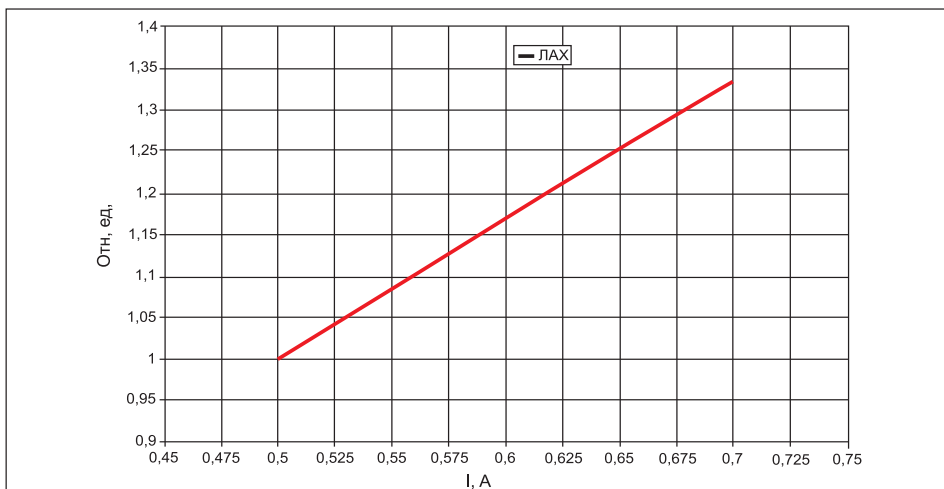


Рис. 2. График люмен-амперной характеристики (ЛАХ) светильника «Триумф» мощностью 100–150 Вт

Решение оказалось очень простым и сверхэффективным благодаря созданию во внутренней полости корпуса так называемого эффекта «подпора воздуха». Внутренняя полость светильника постоянно как бы самовентилируется со скоростью воздушного потока до 1,0 м/с, вне зависимости от наличия или отсутствия движения воздушных масс вокруг самого светильника. А с учетом высокой производительности основной (внешней) радиаторной части корпуса, которая в принципе сама справляется с заданными нагрузками, эти факторы только усиливают друг друга. Для справки: воздушный поток скоростью до 1,0 м/с создает дополнительный охлаждающий эффект на металлических поверхностях в 5–10 °С в зависимости от температуры, влажности и скорости воздуха. Это значение добавляется к основной производительности корпуса и является его запасом в различных случаях: при увеличении тепловой нагрузки вследствие усиления световой части для решения светотехнических задач на больших высотах подвеса светильника; при неожиданных природных температурных аномалиях; при загрязнении основного радиаторного блока из-за повышенного содержания пыли и влаги и аэрозольности воздуха вдоль улиц и автодорог, особенно присущих осенне-весеннему периоду в России, и т. п.

На рис. 2 показан график зависимости величины светового потока от подаваемого на светодиоды тока на примере реального

светильника, согласно протоколу испытаний (64 светодиода Oslon SSL Square от OSRAM, вторичная оптика STRADA-A компании LEDiL; тип КСС — широкая, испытания проводились при токе в диапазоне 500–700 мА).

На рис. 2 видно, что благодаря отсутствию перегрева светодиодов и стабилизированных источников тока (СИТ, их КПД не уменьшается) линия зависимости прироста светового потока (силы света) при повышении тока питания остается идеально прямой с перспективой дальнейшего роста без спада по экспоненте. При подаваемом токе 700 мА потребляемая мощность светильника не превышает 150 Вт с достижением значения силы света более 13 000 кд.

Вообще в конструкции светильников очень много скрытых от простого глаза дополнительных технических и технологических решений. В процессе разработки и стендовых испытаний специалисты «Ай Лайт» осуществляли подбор материалов для навесных элементов с целью компенсации разности линейных расширений между корпусными элементами при их нагревании или охлаждении, определяли углы наклона светильника для получения оптимальной производительности корпуса и комфортности визуального восприятия светового излучения и делали еще очень многое, вплоть до поиска альтернативного материала для защитного стекла и его конфигурации.

Прототипы описываемых светильников впервые были представлены на специализиро-



Рис. 3. Светодиодные светильники серии Лед Лайн (Led Line) с различными КСС мощностью 70 Вт

ванной международной выставке Interlight-2011 в Москве (павильон «Русский свет», секция ООО «Владасвет») и вызвали большой интерес как у участников выставки, так и у ее посетителей именно простотой и эффективностью примененных технических решений. Внешне представленные тогда прототипы от сегодняшнего продукта довольно сильно отличаются (рабочее название демонстрационных образцов звучало как «Лед Лайн», в различных вариациях), но все конструкторско-технические принципы и сама идеология в них уже были отражены. Не исключено, что кто-то уже попытался или попытается воплотить их в своих моделях светильников, но подчеркнем, что принципиальная идея конструкции светильника, его конфигурация, компоновка корпуса с его обвесами, позволяющие создавать и усиливать описанный эффект, были запатентованы (два патента), и плагиат данной идеи не пройдет, да и законодательство РФ в этой сфере наконец-то ужесточилось.

Кстати, компания планирует наладить серийное производство и выпустить облегченную версию «Триумфов» под уже знакомым названием «Лед Лайн» (рис. 3), рассчитанных на меньшие нагрузки и более изящных по дизайну, которые органично впишутся в архитектуру города.

Как показано на рис. 4а–б, при нахождении корпуса светильника в статике (скорость движе-

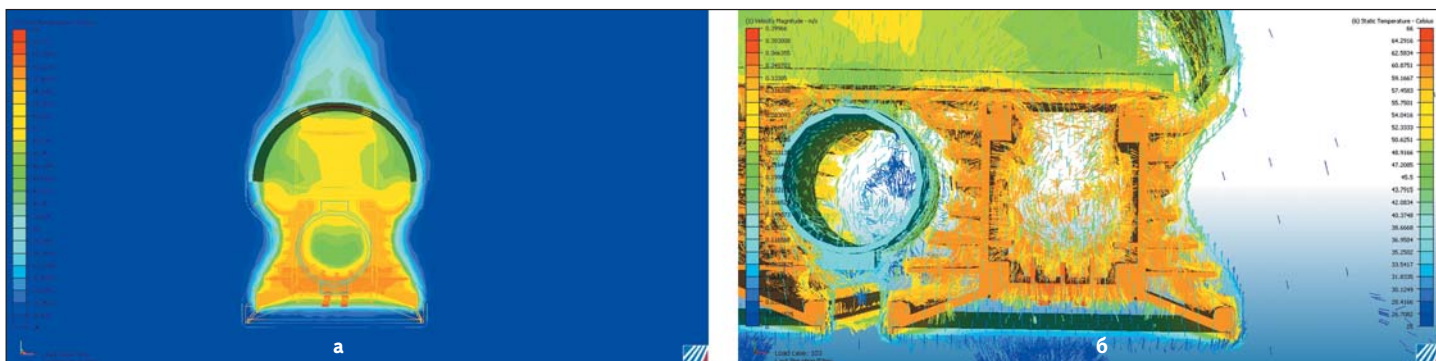


Рис. 4. Примеры работы корпуса по отводу тепла в статике: а) одноsegmentный корпус (применяется в светильниках мощностью 90–160 Вт); б) двухsegmentный корпус (до 300 Вт)

Таблица. Зависимость температуры светодиодов в корпусе светильника «Триумф» от подаваемой нагрузки

Параметры		Конфигурация светильника «Триумф» со светодиодами (64 шт.) OSRAM Oslon Square LUW CQAR-MUNQ-HPJR-1			
Ток, мА		350	500	600	700 (рекомендован производителем)
Потребляемая мощность, Вт		90	110	130	150
Условия испытаний		$T_{\text{окр}} = +25\text{ }^{\circ}\text{C}$; угол наклона 180° — полная горизонталь; скорость ветра снаружи — 0 м/с			
Фактическая температура (T_j) светодиода/температура в месте установки СИТ, $^{\circ}\text{C}$	скорость ветра внутри 0 м/с	43/36	53/45	58/50	63*/56
	внутри — режим «подпора»	38/30	47/34	53/39	58/45

Примечание: * — Рекомендации по температуре типового применения светодиодов при $T_j +65...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$, т. к. затем возникает ускоренная и лавинообразная деградация кристаллов светодиодов.

ния окружающего воздуха 0,0 м/с, $T_{\text{окр}} = +25\text{ }^{\circ}\text{C}$, полная горизонталь, внутренняя полость искусственно заглушена с торцов, т. е. не продувается по горизонтальной оси) температура перехода в местах достаточно плотной расстановки мощных одноваттных светодиодов Oslon SSL Square (OSRAM, 72 шт.) при регламентированном производителем токе колеблется в районе $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Красных (перегретых) зон практически

нет. Прием «подпора» воздуха во внутренней полости корпуса и некоторые хитрости в данном случае еще не применены (искусственно заблокированы), то есть это самый жесткий режим теплового моделирования, вероятность возникновения которого в реальности практически исключена.

В таблице приведены результаты лабораторных испытаний производительности кор-

пуса односегментного светильника «Триумф» по теплоотводу через зависимость температур перехода в точке пайки светодиодов (T_j) от подаваемой нагрузки.

Таким образом, деградация и снижение светового потока в зависимости от температуры в ТП, согласно Datasheet, составляет (град/%) : 30/0,0; 40/2,0; 50/3,0; 60/4,5; 70/7,5; 80/9,5; 90/12,5; 100/15,5 и выше.

Для иллюстрации приведенных в таблице данных на рис. 5 и 6 показана принципиальная зависимость полезной производительности светодиодов и их срока службы от температуры перехода T_j и T_s . Очевидно, что длительная работа светодиода при высоких температурах перехода T_j значительно сокращает полезный срок службы осветительного прибора.

На рис. 7 показаны зависимости срока службы от температуры перехода T_j и токов питания других из применяемых «Ай Лайт» светодиодов Samsung 3535 (Datasheet производителя), где: T_s — температура в точке пайки светодиода; L70 — период времени, в течение которого световой поток падает на 30% от первоначального.

Из приведенных графиков и таблицы видно, что благодаря реальному отсутствию тепловых перегрузок срок службы световой части светильников «Ай Лайт» реально составляет более 60 000 ч в режиме L70 (снижение светового потока не более чем на 30%) без каких-либо условностей.

Кроме того, в конструкции светильников дополнительно применена специальная вентилируемая солнцезащитная «рубашка» из полимерного материала с системой жалюзи, препятствующая нагреву корпуса и его внутреннего пространства от прямых солнечных лучей в светлое время суток, что предотвращает пассивный перегрев СИТ, тем самым увеличивая их КПД и рабочий ресурс (это наиболее капризный и уязвимый компонент светильника, и ему, так же, как и светодиодам, необходимо создавать комфортные режимы работы). При этом минимальная защита оболочек электронной части всего осветительного прибора — IP 65.

Таким образом, технологически главная задача была достигнута: минимизация потерь световой эффективности светодиодов в результате их перегрева и предотвращение падения КПД СИТ из-за того же перегрева, одновременно с созданием в корпусе запаса производительности по теплоотводу для его возможной дополнительной «накачки» при сохраненных габаритах и массе светильника.

Но самым сложным было воспроизвести все полученные параметры в приличном дизайне изделия. Здесь всегда возникает конфликт интересов, и это знает любой опытный конструктор в данной сфере: чем больше увлекаешься дизайном, тем менее совершенным как техническое средство получается конструкция мощного светодиодного светильника, и наоборот. Это уже доказанный факт.

Задача усложнялась еще и тем, что, соблюдая достаточность внешней эстетики светильника, требовалось добиться пролонгации

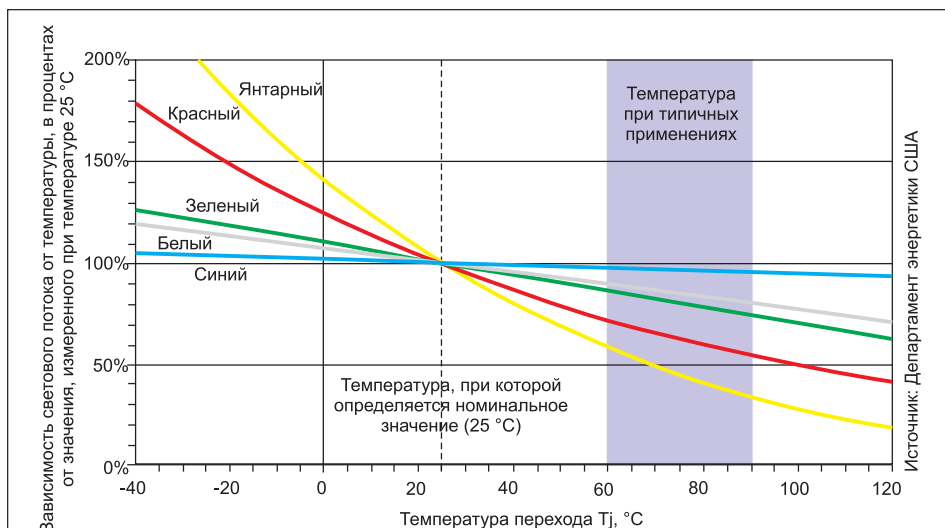


Рис. 5. График зависимости светового потока светодиодов от температуры перехода T_j

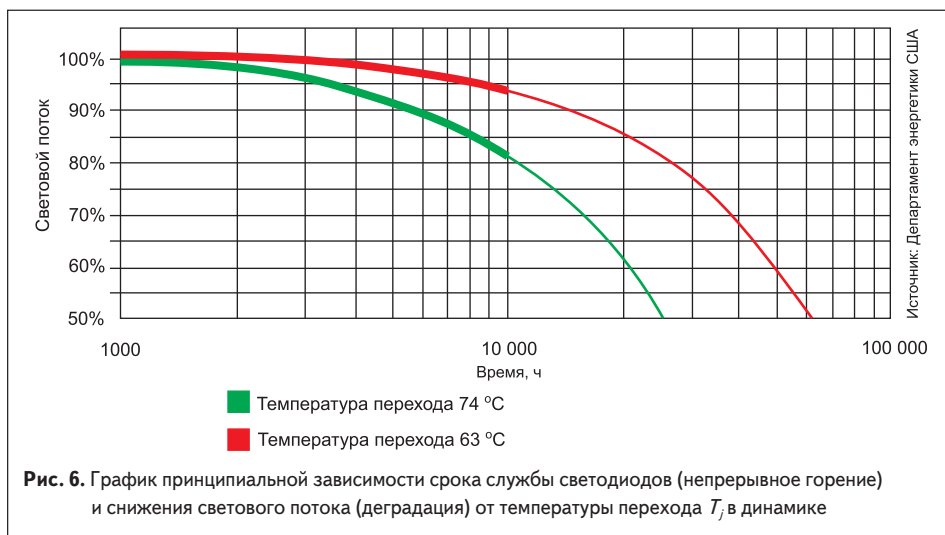


Рис. 6. График принципиальной зависимости срока службы светодиодов (непрерывное горение) и снижения светового потока (деградация) от температуры перехода T_j в динамике

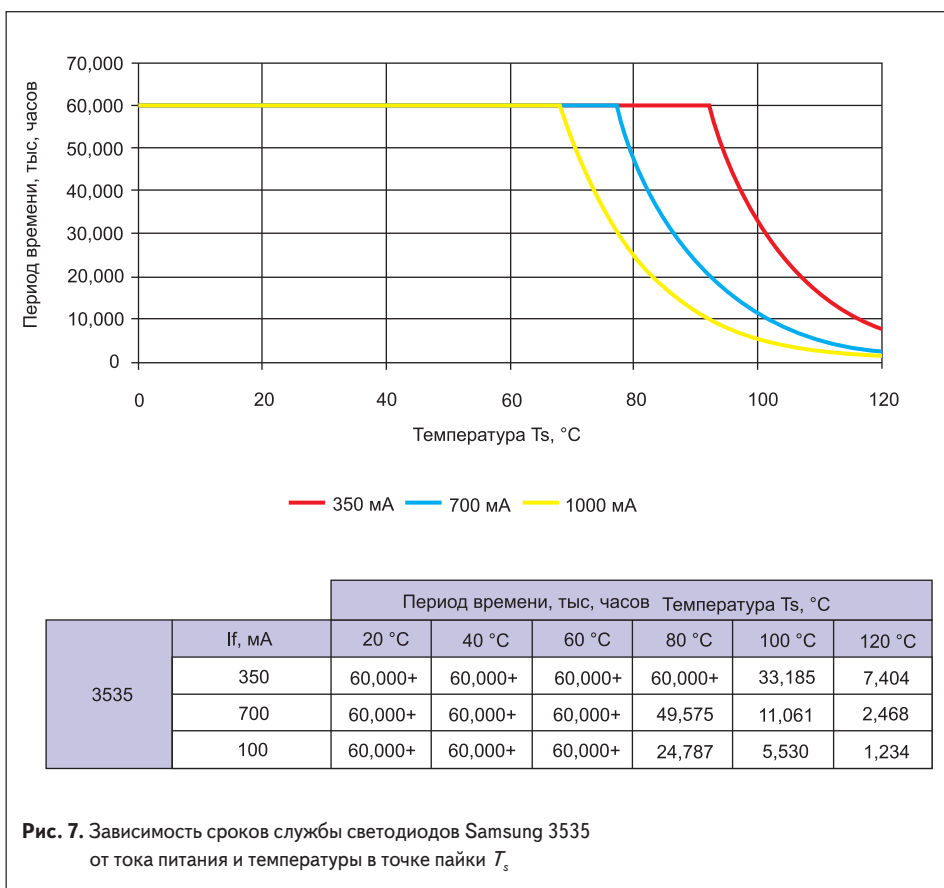


Рис. 7. Зависимость сроков службы светодиодов Samsung 3535 от тока питания и температуры в точке пайки T_s

ее актуальности и в будущем, то есть достичь требуемых технических показателей с запасом конструктивной вариативности светильника для возможного в дальнейшем его «апгрейда», поскольку на рынок постоянно выходят новые электронные компоненты и конструкционные материалы, меняется технология производственных процессов, повышаются требования к потребительским свойствам изделия и т. д. По мнению специалистов «Ай Лайт», а также их коллег — инженеров из компаний Umark GmbH и Rainbow Electronics, этого с успехом удалось добиться.

Световая часть

Световая часть светильников семейства «Триумф» представляет собой комбинацию унифицированных световых модулей собственной разработки ООО «Ай Лайт» с оптимальным рассеиванием тепла на алюминиевой печатной плате и шунтированием светодиодов. Это позволяет решать самые сложные задачи в уличном освещении, вплоть до магистрального, категории А. Применяются светодиоды только известных мировых производителей: OSRAM (Oslon SSL Square Streetwhite), Samsung (Ceramic 35x35) и только высоких «бинов». КСС только широкая (Ш), на вторичной оптике компаний LEDiL, Ledlink. Кроме того, «Ай Лайт» выводит на рынок новый двукристалльный высокопроизводительный светодиод с первичной асимметричной линзой с полуширокой КСС и достаточно мощным световым потоком, специально разработанный именно для уличного светодиодного освеще-

ния (о производителе специалисты компании пока умалчивают). Сейчас заканчиваются работы по его адаптации в светильниках «Ай Лайт», премьера ожидается в сентябре. Дополнительной отличительной особенностью световых модулей является равномерное распределение на печатных платах светодиодных источников света, без групповой очаговой локализации, снижающее дискомфорт от визуального восприятия светового излучения от LED, а также монтаж самих световых модулей в световой камере светильника при помощи современных высокоэффективных теплопроводящих полимеров для улучшения теплопередачи от LED на корпус радиатора. В качестве защитного экрана применяются полимер с повышенным коэффициентом светопропускания (90–92%) и защитой от УФ, существенно более устойчивый к динамической нагрузке (сильный удар), практически не бьющийся и не трескающийся, а также каленое стекло (под заказ).

Питание

Питание светильника осуществляется от стабилизированных источников тока — СИТ, подключаемых к сети 220 В, с наличием функции регулировки значений выходного тока, с защитой от тепловых перегрузок с восстановлением параметров после восстановления режима, от КЗ с восстановлением параметров после его снятия, гальванической развязкой, корректором мощности, защищенностью корпуса IP67, возможностью диммирования, КПД 90–92%. СИТ соответствуют ГОСТ

51318.15-99 и ГОСТ 51317.3.2.06; уровень радиопомех класс «В»; эмиссия гармонических составляющих тока — класс «С». Нароботка на откат ($t = +40\text{ °C}$) — более 50 000 ч. Диапазон рабочих температур $-50...+80\text{ °C}$. Обслуживаются без демонтажа светильника с опоры освещения, на разъемах IP66. Это разработка одной из известных российских компаний с адаптацией под конструкцию светильников «Ай Лайт».

Общие выводы, рекомендации и пожелания

Как говорилось ранее, проектирование новой конструкции светильника также преследовало и еще одну цель: существенное снижение его себестоимости при производстве. Причем снижение себестоимости не должно было сказаться на технических и потребительских свойствах изделия. В результате проработки этого вопроса специалисты «Ай Лайт» были вынуждены отказаться от повсеместно распространяемого на рынке так называемого плоскостного, плитообразного форм-фактора уличных светильников, хотя именно этой компанией в 2009 г. были запатентованы некоторые принципы конструкций таких корпусов. К слову, подавляющее количество российских производителей и поставщиков светодиодных светильников в данном форм-факторе и не догадываются о том, что нарушают законодательство РФ об интеллектуальной собственности. Но данный конструктив — это уже «вчерашний день» и не является актуальным для компании. Отказ от упомянутого форм-фактора был вызван низкой предельной возможностью использования таких светильников в будущем, связанной с повышенной металлоемкостью, слишком высокой стартовой стоимостью оборудования и оснастки при их изготовлении, прямой зависимостью производительности корпуса по теплу от его габаритов и массы, практически отсутствующей дальнейшей дизайнерской вариативности, повсеместным и бессовестным клонированием чужих конструкций.

Благодаря применению описанной в статье технологии, конструктивным особенностям, унификации и стандартизации компонентов и элементной базы, применению современных полимерных и композитных материалов, компании удалось приблизить себестоимость светильников семейства «Триумф» и «Лед Лайн» к ценовой категории «однодневных», низкоэффективных и, соответственно, дешевых светильников. Сейчас налажено мелкосерийное производство, но с осени текущего года «Ай Лайт» планирует на порядок увеличить производственные мощности, ведутся переговоры по данному вопросу с рядом заинтересованных производственных предприятий. К слову, вес нового 150-Вт светильника не превышает 6 кг, без учета веса кронштейна.

Испытания новых светильников проводились в фотометрической лаборатории ООО «Архилайт» и получили высокую оценку ее специалистов за качество, новизну и техническую состоятельность продукта. ●