

Ремикс по-светотехнически

Статья посвящена светодиодным лампам большой мощности, применяемым в бытовых, уличных, промышленных светильниках взамен газоразрядных или ламп накаливания. Исследование по использованию источников прямой замены показано на примере линейки мощных светодиодных ламп Venturo компании Uniel. Приведены характеристики самих ламп и осветительных устройств при их применении, полученные в лаборатории «АРХИЛАЙТ». Материал может быть полезен проектировщикам энергоэффективного освещения, снабженцам и ответственным за закупки и применение светотехнического оборудования.

Традиции сильнее прогресса

Некоторые из давно существующих технических устройств получили поистине

всенародное признание, а их применение приобрело силу традиции. Ярким примером может служить резьбовое присоединение источников света к арматуре, разработанное



Рис. 1. Внешний вид образцов ламп от Uniel серии Venturo LED-M88-XXXW/XW/E27/FR

еще Т. Эдисоном в 1909 году. Другими словами, уже несколько поколений пользуются грушевидными электрическими лампочками, вкручивая их в патроны различных диаметров, но абсолютно одинаковых по принципу действия. И патроны эти практически весь век применялись в любых осветительных устройствах и установках, а потому с детства мы знали, что минимально квалифицированный умелец должен был не только «уметь забить гвоздь», но и «вкрутить лампочку». Это вошло в обиход, в литературу, процесс вкручивания лампы стал предметом анекдотов и историй, а сама лампочка в зависимости от политической эпохи приобретала имена великих политиков. Все эти вынужденные пристрастия буквально «вживили» в умы людей привычку сопоставлять источник света с лампой накаливания, ее неизменный внешний вид с методом установки в люстру, настольную лампу или уличный фонарь.

Однако с появлением более современных источников света нам пришлось освоить и новые варианты их подсоединения, и принять другие цветовые оттенки излучения. Но по сей день, когда нужно заменить люминесцентную лампу в офисном светильнике, все говорят: «Вкрутите нам новую лампочку». И действительно, с массовым появлением компактных люминесцентных ламп (КЛЛ) их можно вкручивать в давным-давно известный патрон. В светотехнических кругах такую адаптацию нового к старому приняли по-своему, расценили как «выход из положения» и вежливо окрестили новинки ретрофитами. Однако сегодня то же самое можно проделать и с источником света на основе светодиодов. Данное решение оказалось настолько удачным, что потребителя буквально заставили «перешагнуть через ступеньку» и использовать самые современные полупроводниковые источники света, справедливо убедив, что КЛЛ токсичны и не следует чересчур доверять их параметрам и большому сроку службы. Тем более что и цены на те и другие лампы уже приблизительно сравнялись. В то же время был снят запрет на производство и продажу самых популярных ретрофитов — ламп накаливания мощностью 40, 60 и 75 Вт. Словом, обыватель получил широкий выбор различных типов ламп, но, руководствуясь традицией и экономией, предпочитал проверенную поколениями лампу накаливания.

Ну а те, кто вынужден считать расходы не только на сами лампы и светильники, но и на электроэнергию (руководители предприятий, проектировщики), делали ставку на более эффективные источники, хотя тщательно проверяли их светотехнические характеристики, крайне настороженно и с большим недоверием относясь к обещаниям производителей. Расширение сегмента ретрофитов на основе светодиодов коснулось и ламп большой мощности, предназначенных для установки в уличные или промышленные светильники взамен ламп ДНаг, ДРЛ и МГЛ. Их параметрам, оправданности и корректности применения в указанном сегменте и посвящена настоящая статья.

Характеристики и полученные данные

Отдавая дань традициям не только применения ламп, но сравнения их параметров, лаборатория «АРХИЛАЙТ» выполнила ряд измерений основных характеристик светодиодных ламп большой мощности Venturo от компании Uniel — одних из самых доступных в розничной сети. Выбор образцов

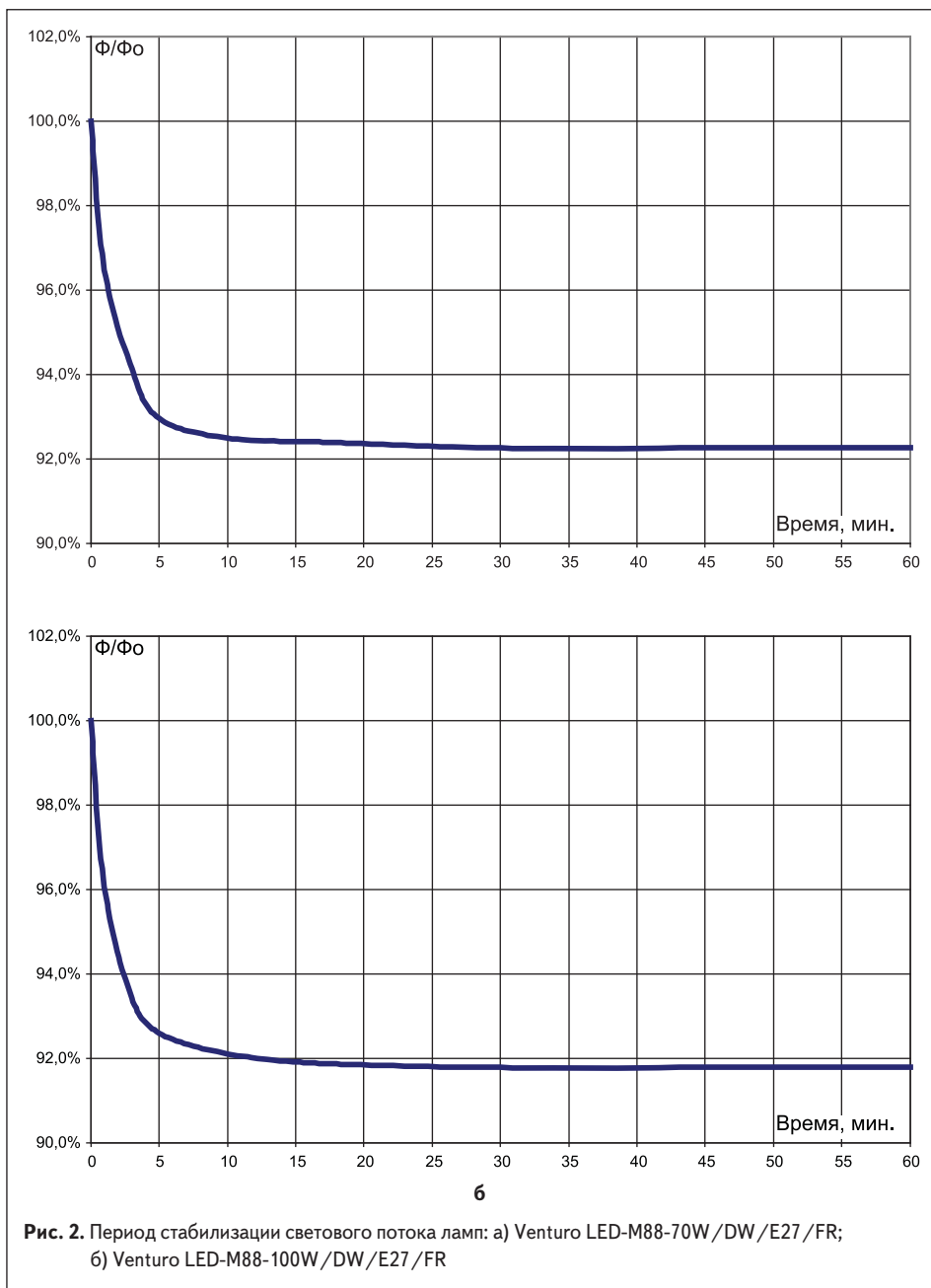
был обусловлен наличием у производителя нескольких типов, различающихся мощностью и коррелированной цветовой температурой, но выполненных под один патрон (в данном случае E27). Так в поле зрения исследователей оказались самые востребованные светодиодные лампы мощностью 50, 70 и 100 Вт серии Venturo LED-M88-XXXW/XW/E27/FR с декларируемым световым потоком, эквивалентным газоразрядным с потреблением в 100–150 Вт, и предназначенные для стандартных корпусов. Внешний вид ламп представлен на рис. 1. Пожалуй, наиболее показательным результатом исследования можно считать полученные значения параметров самих ламп и характеристики в составе с отражателем (корпусом светильника). Из представленных сравнений можно проследить трансформацию фотометрического тела источника оптическими элементами светильника и решить обратную задачу по оптимизации формы пространственного распределения силы света лампы для формирования необходимой КСС осветительного устройства.

В таблице 1 приведены некоторые из полученных значений различных параметров ламп.

Следует отметить высокую световую эффективность всех ламп, составляющую не менее 100 лм/Вт с учетом некоторого округления у самой мощной. Причем это значение достигнуто практически независимо от коррелированной цветовой температуры, отличающейся у разных типов образцов в 1,5 раза. Однако для высокой световой эффективности светильника с подобным источником ему придется такое высокое значение, поскольку потери при формировании КСС неизбежны. Кстати, световая эффективность газоразрядных ламп в данном сегменте потребляемой мощности едва ли достигает таких значений, вот почему уже на этом этапе сравнения можно предположить, что при аналогичном применении в однотипном светильнике совокупная эффективность осветительного устройства на светодиодной лампе должна быть выше (при равной потребляемой мощности). Однако это не всегда бывает явным, поскольку оптические элементы светильника рассчитаны на небольшую горелку газоразрядной лампы, в отличие от размера излучающего тела светодиодной, а потому сравнением одной световой эффективности здесь может не обойтись: результирующие КСС могут существенно отличаться. В этом

Таблица 1. Измеренные в лаборатории значения параметров светодиодных ламп Venturo

Тип лампы		LED-M88-50W/DW/E27/FR	LED-M88-70W/DW/E27/FR	LED-M88-70W/NW/E27/FR	LED-M88-100W/NW/E27/FR
Режим		~220,0 В (при T _A = +25 °С)			
Параметры					
Мощность излучения, Вт		16,8	23,7	21,7	30,4
Световой поток, лм		5128	7319	7082	10052
Сила света максимальная, кд		1351	1963	1896	2806
Сила света осевая, кд		1350	1962	1894	2802
Освещенность по оси на расстоянии 2,5 м, лк		216	314	303	448
Сила излучения максимальная, Вт/ср		4,4	6,4	5,8	8,5
Угол излучения 2Q0,5lv, град.	0-0	121,8	120,5	120,9	117,8
	0-90	121,4	120,3	120,3	117,9
	средний 2Q0,5lv	121,60	120,38	120,61	117,8
Угол излучения 2Q0,1lv, град.		206,9	203,3	203,9	195,1
Коэффициент пульсаций освещенности, %		8,3	8,5	8,5	9,5
Потребляемый ток, А		0,241	0,332	0,328	0,474
Активная потребляемая мощность, Вт		50,2	69,4	68,3	100,7
Коэффициент мощности		0,947	0,949	0,947	0,966
Полная потребляемая мощность, ВА		53,0	73,1	72,2	104,3
Реактивная мощность, ВА _p		17,0	23,1	23,2	27,0
Световая эффективность, лм/Вт		102,10	105,5	103,6	99,8
Средняя яркость фронтальной поверхности, кд/м ²		355500	517000	500000	561000
Температура корпуса T _{сп} , °С		46,50	51,8	52,0	57,6
Относительная сила света, кд/кلم		264	268,3	267,7	279,1
КПД лампы (электричество-свет), %		33,5	34,1	31,8	30,2
Спектральная световая эффективность, лм/Вт		305,2	309,5	326,3	331,0
Длина волны максимальная, нм		457,0	454,0	596,0	596,0
Длина волны центроидная, нм		558,0	560,0	582,0	586,5
Ширина спектра излучения по уровню 0,5P, нм		135,5	148,5	204,0	205,0
Ширина спектра излучения по уровню 0,1P, нм		256,0	259,5	278,0	280,5
Координаты цветности	X	0,3171	0,3189	0,3824	0,3893
	Y	0,3404	0,3423	0,3805	0,3873
	Z	0,3425	0,3388	0,2371	0,2234
Доля ОСПЭЯ отн. V(l), %		46,8	48,9	77,7	77,2
Индекс цветопередачи Ra (CRI)		85	83	83	82
Индекс цветопередачи по обр. № 9 Ra ₉		20,6	11,4	10,7	6,1
Коррелированная цветовая температура (CCT), К		6228	6132	3959	3832



случае необходимая освещенность поверхности от такого светильника, несмотря на превосходящую световую эффективность, достигнута не будет.

Продолжая тему цветности излучения ламп, нужно отметить достаточно высокий

индекс цветопередачи обоих вариантов коррелированной цветовой температуры, что явно улучшит такой субъективный показатель, как видность, при одинаковых значениях освещенности, создаваемой этими лампами и, например, ДНаТ. В дополнение

Таблица 2. Основные параметры светильников утилитарного освещения в комплекте с лампами типа Venturo LED-M88-70W/NW/E27/FR

Тип лампы	LED-M88-70W/NW/E27/FR (рис. 3а)	LED-M88-70W/NW/E27/FR (рис. 3г)
Режим	~220 В (при TA=+25 °С)	~220 В (при TA=+25 °С)
Параметры		
Потребляемая мощность, Вт	67	68,2
Световой поток, лм	5116	5974
Сила света максимальная, кд	2284	2595
Сила света осевая, кд	961	1134
Освещенность по оси на расстоянии 6 м, лк	24	29
Световая эффективность, лм/Вт	76,4	87,6

к этому на предпоследней строке таблицы 1 имеется информация о значениях индекса цветопередачи по стандартному образцу № 9, характеризующему интенсивность в красной области спектра. Можно заметить, что его значения у всех ламп хоть и невысоки, но явно не отрицательны, как в большинстве случаев результирующих спектров систем синий кристалл — люминофор. Как уже говорилось, это чрезвычайно важно при освещении автодорог для верного восприятия красных предупреждающих и запрещающих сигналов в системах и знаках, использующих отраженный свет в темное время суток (например, в габаритных катафотных и светоотражающих накладках, профилях дорожной разметки и знаках). В таблице 1 также есть информация о коэффициенте пульсаций освещенности (светового потока). В указанных выше применениях он не нормируется, но никто не исключает возможности использовать лампы там, где такое требование существует и регламентирует его значение до 10%. Измеренное значение коэффициента пульсаций освещенности (светового потока) составляет 8,5 и 9,5% для ламп Venturo LED-M88-70W/DW/E27/FR и Venturo LED-M88-100W/DW/E27/FR соответственно.

Следует отметить и не столь высокую температуру корпуса ламп, измеренную, правда, в свободном состоянии конвекции (без защитных колпаков и отражателей светильника). Корректность измеренной температуры подтверждается графиками (рис. 2), на которых показано поведение значения светового потока со временем наработки. На графике видно, что снижение потока происходит на величину порядка 8%, что не может быть следствием значительного перегрева, а стабилизация его значения наступает уже через 10 мин. после включения. Приведенные полученные режимы справедливы для ламп во всем диапазоне исследуемых потребляемых мощностей.

Применение ламп в составе светильников различного назначения

В качестве примеров применения ламп в существующих конструкциях светильников, рассчитанных на источники света до 10 000 лм, были выбраны по два варианта в двух сегментах: уличном и промышленном освещении. В обоих случаях использованы одни из самых недорогих и распространенных типов арматуры на основе алюминиевых отражателей, укомплектованных патронами E27. Таким образом, формирование диаграмм пространственного распределения силы света до необходимого типа осуществляется только этими (не самыми эффективными с точки зрения КПД) отражателями, а потому в данных примерах может рассматриваться как наихудший случай. Более действенные оптические элементы только подчеркнут эффект от применения испытуемых светодиодных ламп.

Применение в светильниках утилитарного освещения

Внешний вид уличных светильников показан на рис. 3. Полученные светотехнические характеристики в комплекте с лампой Venturo LED-M88-70W/NW/E27/FR (параметры которой имеются в табл. 1) представлены в таблице 2 и на рис. 3. Можно заметить, что потери светового потока составили 15–25%, что меньше по сравнению с газоразрядными лампами, излучающими практически в 4π ср, световая эффективность изменилась практически пропорционально: уменьшение потребляемой мощности связано с большим нагревом ламп внутри корпуса светильника.

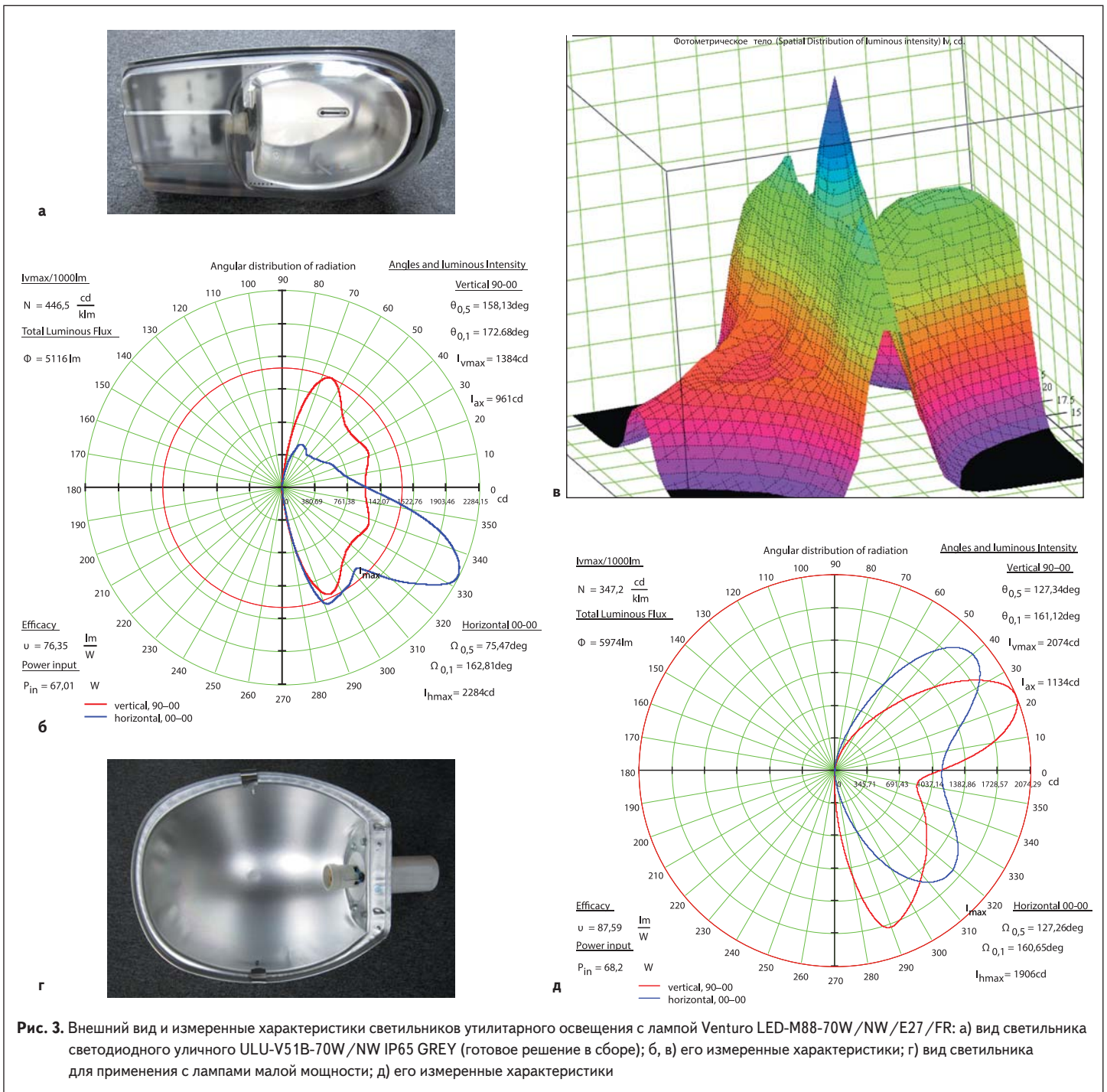
Однако здесь наиболее интересной будет оценка сформированного пространственного

распределения силы света. Диаграммы углового распределения силы света также представлены на рис. 3, а для одного из светильников для наглядности приведено фотометрическое тело.

Полученные данные по пространственному распределению силы света были использованы для формирования образцов проектов освещения ряда стандартных освещаемых объектов (например, дорог различного класса и отдельных городских территорий).

В этих проектах применялись светильники, состоящие из светодиодной лампы и арматуры, стандартно используемой при проектировании систем освещения на основе обычных бездрессельных ламп и ламп накаливания (рис. 3). Полученные результаты в виде значений освещенности

и условий размещения светильников приведены в таблице 3. Такое решение для внешнего (уличного) освещения позволяет обеспечить нормы, применяемые для стандартных задач. Существует большое количество объектов с низкими нормами освещенности, которые долгие годы освещались теми же светильниками, разработанными для обеспечения более высоких требований по освещенности и яркости. Применение данного решения для освещения указанных объектов позволяет получить среднюю освещенность 4–8 лк и обеспечить нормы по яркости для множества объектов внешнего освещения с низкими требованиями, обозначенными в таблице 4 [1], без переделки систем размещения опор и высот подвеса. При этом потребляемая



мощность таких осветительных установок со светодиодными лампами может быть снижена в 1,5–2 раза. Из таблицы 4 видно, что параметры освещенности соответствуют классам объектов П4, П5, П6 для дорог класса В3 и отдельных городских территорий. Также существуют требования, что над каждым входом в здание или рядом с ним должны быть установлены светильники, обеспечи-

вающие уровни средней горизонтальной освещенности не менее:



- на площадке основного входа — 6 лк;
- запасного или технического входа — 4 лк.

Применение в светильниках внутреннего освещения

Обычно для внутреннего освещения используются светильники с широкой диаграм-

мой пространственного распределения силы света, что позволяет увеличить полезную освещаемую площадь и снизить высоту подвеса до 5–6 м. Стандартные решения для освещения таких объектов — линейные люминесцентные лампы и соответственно светильники мощностью 2×36 Вт и суммарным потреблением около 100 Вт. Из таблицы 5 видно, что, используя обычную арматуру

Таблица 3. Применяемость ламп различной потребляемой мощности в составе светильников утилитарного освещения в различных геометрических комбинациях установки на опоры*

Светильник	Вариант установки	Потребляемая мощность, Вт	Коэффициент запаса	Высота подвеса, мм	Расстояние между столбами, м	Средняя, минимальная, максимальная освещенность, лк	Средняя яркость L_{cp} , кд/м ²	Продольная неравномерность U_0	Поперечная неравномерность U_1
	Светильники установлены с одной стороны	50	1	9	30	4,0	0,5	0,34	0,52
						1,3			
						9,6			
				12	30	3,36	0,44	0,44	0,63
						1,6			
						5,8			
		12		27	3,7	0,48	0,46	0,66	
					1,92				
					6,1				
		67,0		9	30	5,83	0,35	0,34	0,52
						1,9			
						14			
				12	30	4,88	0,31	0,44	0,63
						2,38			
						8,49			
		12		27	5,46	0,34	0,46	0,66	
					2,8				
					8,84				
98	9	30	8,3	0,5	0,34	0,52			
			2,7						
			20						
	12	30	7	0,44	0,44	0,63			
			3,4						
			12,1						
12	27	7,8	0,48	0,46	0,66				
		4							
		12,6							
	Светильники установлены с одной стороны	50	1	9	30	4	0,25	0,34	0,52
						1,29			
						9,6			
				12	30	3,95	0,2	0,42	0,69
						1,58			
						6			
		Наклон 5 град.		30	3,93	0,21	0,51	0,68	
					1,97				
					5,64				
		12		27	4,392	0,22	0,46	0,74	
					2				
					6,15				
		68,2		9	30	5,83	0,35	0,34	0,52
						1,9			
						14			
				12	30	5,76	0,27	0,42	0,69
						2,31			
						8,72			
Наклон 5 град.	30	5,74	0,28	0,51	0,68				
		2,88							
		8,23							
100	12	27	6,4	0,30	0,46	0,74			
			2,98						
			8,97						
	9	30	8,33	0,5	0,34	0,52			
			2,7						
			20						
12	30	8,23	0,38	0,42	0,69				
		3,3							
		12,46							
Наклон 5 град.	30	8,2	0,4	0,51	0,68				
		4,11							
		11,76							
12	27	9,15	0,43	0,46	0,74				
		4,26							
		12,82							

Примечания. * Приведены примеры расчетов с учетом выполнения норм освещенности.

и светодиодные лампы мощностью 50–100 Вт, можно создать необходимый уровень освещенности, требуемый для объекта. Отличие двух проектов — с применением линейных

люминесцентных ламп и светодиодных ламп со светильником со стандартной арматурой — выражается в явной возможности снизить стоимость проекта и обеспечить необходимые

нормы освещенности и цветопередачи. При использовании светодиодной лампы можно подобрать арматуру, которая создаст диаграмму пространственного распределения

Таблица 4. Классификация и нормируемые показатели для пешеходных пространств [1]*

Класс объекта по освещению	Наименование объекта	Нормируемые показатели	
		$E_{ср}$ (не менее), лк	$E_{мин}/E_{ср}$ (менее)
П1	Площадки перед входами культурно-массовых, спортивных, развлекательных и торговых объектов	20	0,3
П2	Главные пешеходные улицы исторической части города и основных общественных центров административных округов, непроезжие и предзаводские площади, площадки посадочные, детские и отдыха	10	0,3
П3	Пешеходные улицы; главные и вспомогательные входы парков, санаториев, выставок и стадионов	6	0,2
П4	Тротуары, отделенные от проезжей части дорог и улиц; основные проезды микрорайонов, подъезды, подходы и центральные аллеи детских, учебных и лечебно-оздоровительных учреждений	4	0,2
П5	Второстепенные проезды на территориях микрорайонов, хозяйственные площадки на территориях микрорайонов, боковые аллеи и вспомогательные входы общегородских парков и центральные аллеи парков административных округов	2	0,1
П6	Боковые аллеи и вспомогательные входы парков административных округов	1	0,1

Примечания. * На пешеходной дорожке длиной более 4 м; у основного входа в здание — 4. Всем этим требованиям вполне удовлетворяют описанные осветительные устройства.

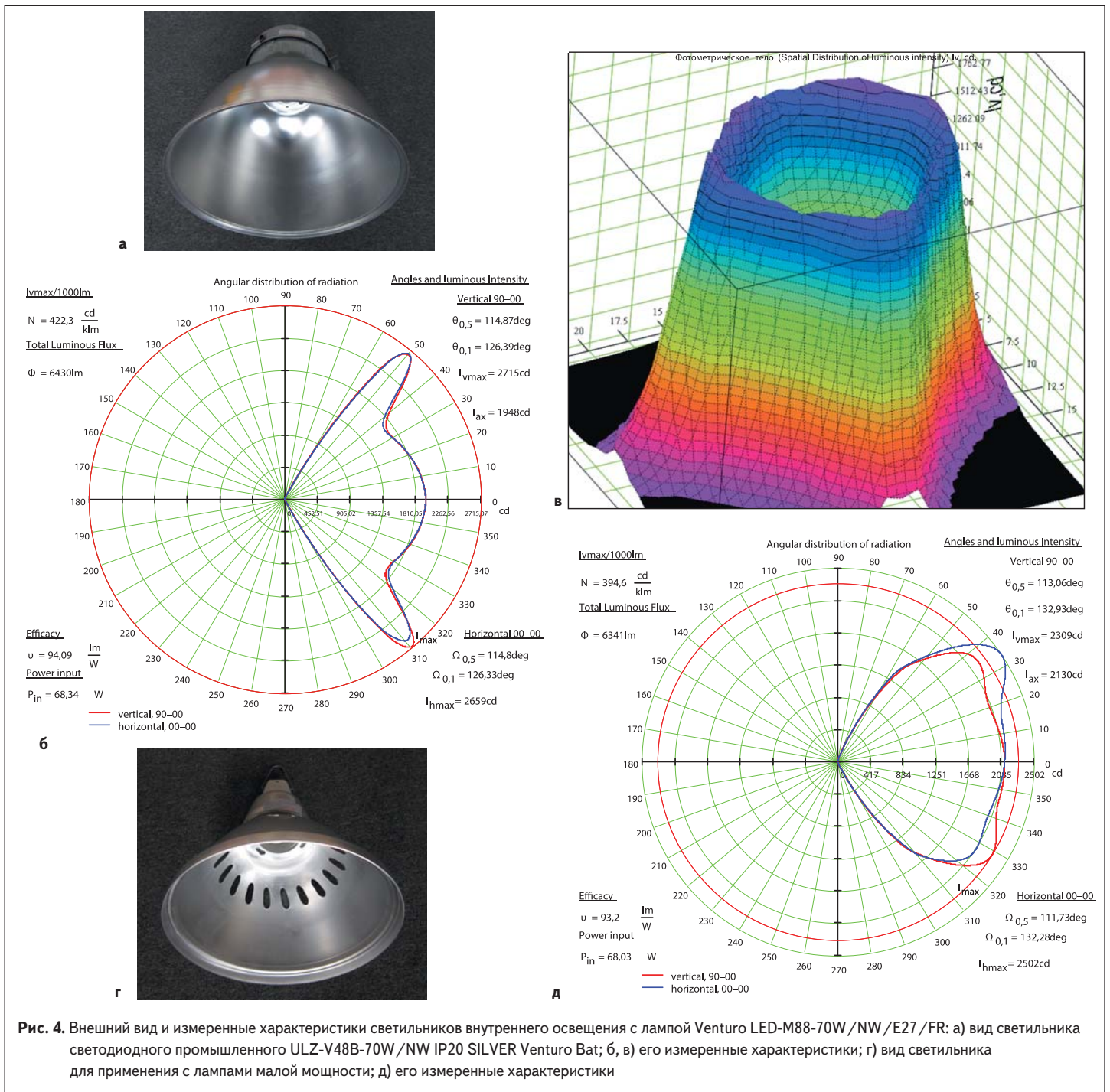


Рис. 4. Внешний вид и измеренные характеристики светильников внутреннего освещения с лампой Venturo LED-M88-70W/NW/E27/FR: а) вид светильника светодиодного промышленного ULZ-V48B-70W/NW IP20 SILVER Venturo Bat; б, в) его измеренные характеристики; г) вид светильника для применения с лампами малой мощности; д) его измеренные характеристики

силы света, необходимую для конкретного проекта. Данное решение выгодно подходит для реконструкции объектов с бездрессельными лампами и лампами накаливания, для объектов с низкими и средними высотами

подвеса. Фактически светодиодные лампы позволят полностью отказаться от линейных люминесцентных ламп на высотах подвеса 3–6 м. На рис. 5 видно, что освещенность открытых площадей, создаваемая с помощью

стандартной арматуры и светодиодных ламп, имеет высокую равномерность.

По аналогии со светильниками уличного освещения были исследованы два типа стандартной арматуры с применением све-

Таблица 5. Применяемость ламп различной потребляемой мощности в составе светильников внутреннего освещения в различных геометрических комбинациях установки (подвеса)*

Световая эффективность, лм/Вт	Потребляемая мощность, Вт	Сетка расстановки, м	Высота подвеса	Освещенность максимальная, лк	Освещенность средняя, лк		
Лампа Ventura LED-M88-70W/NW/E27/FR							
95	50	5	6	221	180		
				150	113		
				134	98		
				115	85		
				74	52		
		6	7	207	178		
				144	112		
				130	97		
				115	84		
				71	50		
		7	8	210	176		
				133	111		
				121	96		
				109	83		
				71	50		
		8	9	207	174		
				133	109		
				116	95		
				102	82		
				70	49		
		94	68	5	6	322	262
						219	165
						195	143
						167	124
108	76						
6	7			302	259		
				210	163		
				190	142		
				167	123		
				103	73		
7	8			306	257		
				194	161		
		177	140				
		159	121				
		104	73				
8	9	302	254				
		194	159				
		169	139				
		149	120				
		102	72				
93	100	5	6	460	375		
				313	236		
				279	204		
				239	177		
				154	109		
		6	7	432	370		
				300	233		
				272	203		
				239	176		
				147	104		
		7	8	438	368		
				277	230		
				253	200		
				227	173		
				149	104		
		8	9	432	363		
				277	227		
				242	199		
213	172						
146	103						

Световая эффективность, лм/Вт	Потребляемая мощность, Вт	Сетка расстановки, м	Высота подвеса	Освещенность максимальная, лк	Освещенность средняя, лк		
Светильник светодиодный промышленный ULZ-V48B-70W/NW IP20 SILVER Ventura Bat							
95	50	5	6	216	194		
				141	125		
				112	96		
				90	71		
				82	60		
		6	7	213	194		
				141	125		
				110	96		
				84	71		
				76	60		
		7	8	213	192		
				137	124		
				107	95		
				80	70		
				69	59		
		8	9	209	189		
				136	122		
				105	94		
				78	69		
				66	58		
		94	68	5	6	314	283
						206	182
						163	140
						131	103
120	87						
6	7			311	282		
				205	182		
				160	140		
				123	103		
				110	88		
7	8			310	279		
				200	180		
		156	138				
		117	102				
		100	86				
8	9	304	276				
		198	178				
		153	137				
		114	101				
		96	85				
93	100	5	6	449	405		
				295	260		
				233	200		
				187	147		
				172	124		
		6	7	445	403		
				293	260		
				229	200		
				176	147		
				157	126		
		7	8	443	399		
				286	257		
				223	197		
				167	146		
				143	123		
		8	9	435	395		
				283	255		
				219	196		
163	144						
137	122						

Примечание. * Приведены примеры расчетов с учетом выполнения норм освещенности.

тодиодной лампы Venturo LED-M88-70W/NW/E27/FR. Внешний вид и полученные характеристики светильников показаны на рис. 4.

Послесловие

Основным результатом представленного в статье исследования является показанная на примере мощных светодиодных ламп Venturo компании Uniel возможность их применения в качестве источников света для множества существующих типов достаточно распространенных и одних из самых простых в конструкции светильников технического или промышленного освещения. Несмотря на потенциальную неэффективность вариантов осветительных приборов с отражателем, предназначенных для традиционных ламп, результаты исследования применения светодиодных в этих корпусах показывают вполне приемлемый уровень производимой ими освещенности для различных утилитарных целей, где нет высоких требований к ее значениям. В то же время светодиодные лампы большой мощности достигли существенной световой эффективности и поистине стали серьезными конкурентами традиционным газоразрядным, «маломощный» сегмент которых имеет минимальную светоотдачу и соответственно самую высокую стоимость производимого света. Нелишним было бы напомнить и то, что использование в указанных корпусах светиль-

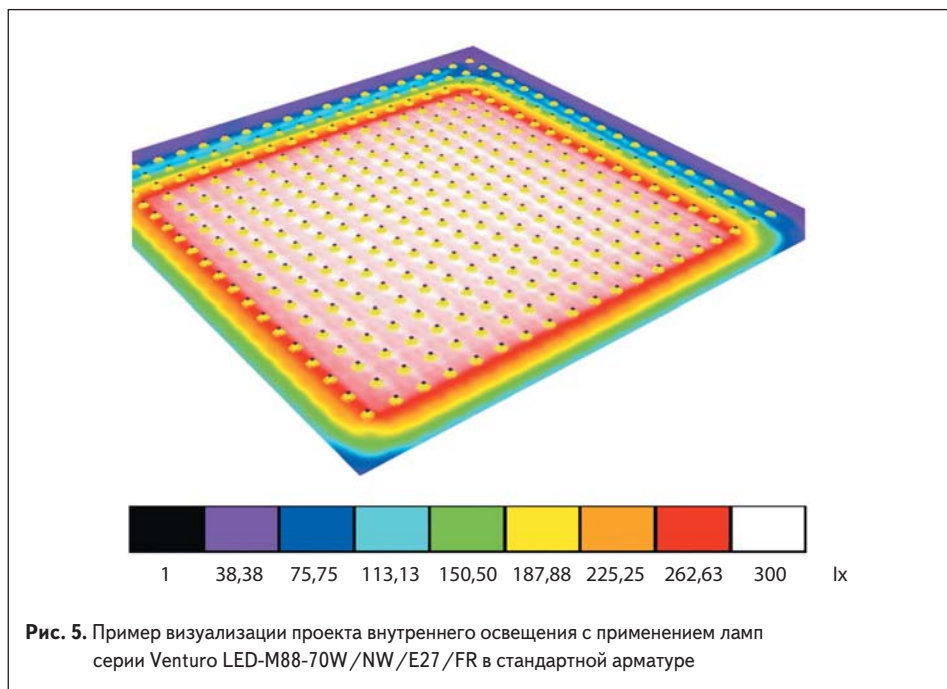


Рис. 5. Пример визуализации проекта внутреннего освещения с применением ламп серии Venturo LED-M88-70W/NW/E27/FR в стандартной арматуре

ников ламп на основе светодиодов не требует установки дорогостоящего ПРА, что нивелирует прежний и новый вариант осветительного прибора по его себестоимости. Все эти факты свидетельствуют о значительных перспективах развития рынка подобных ламп-ретрофитов и о потенциальной оправданности капиталов-

вложений разработчиков в данное направление светодиодных источников света. ●

Литература

1. Свод правил СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.