Справочно-техническая информация

стр. 369 Свет и световые величины

стр. 370-377 Источники света. Технические и эксплуатационные параметры

стр. 378-380 Особенности работы газоразрядных источников света

стр. 381-382 Особенности светодиодных светильников

стр. 383-388 Основные характеристики светильников и условия их применения

стр. 389-391 Классы энергоэффективностия и пульсации освещенности

стр. 392 Вопросы безопасности, стандартизации и качества продукции

стр. 393-397 Проектирование освещения и выполнение светотехнических расчетов

стр. 398-401 Реализованные проекты

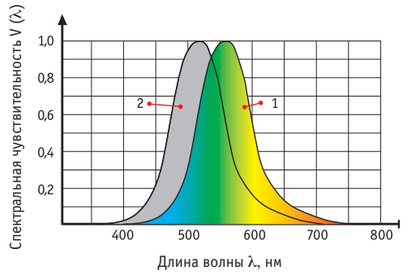
стр. 402-413 Коды

стр. 414-415 Алфавитный указатель

Свет

Свет – электромагнитное излучение с длинами волн от 380 до 760 нм. Этот диапазон является зоной чувствительности среднестатистического человеческого глаза и называется видимым. Излучение с разной длиной волны воспринимается глазом человека по-разному, например, диапазон 450–480 нм соответствует синему цвету, 510–550 нм – зеленому и т.д. Белый свет – это совокупность всех или нескольких цветов, взятых в определенной пропорции.

Чувствительность глаза в различных областях видимого диапазона неодинакова, она максимальна в желто-зеленой области (555 нм) и спадает в красной и сине-фиолетовой частях.



На рисунке показаны стандартизованные кривые спектральной чувствительности глаза для ночных и дневных условий наблюдения. Излучение с длинами волн меньше 380 нм не воспринимается глазом и носит название ультрафиолетового. Излучение этого диапазона может оказывать биологическое воздействие на живые организмы, уничтожать микробы, обуславливать фотохимические реакции в различных материалах и т.д. Излучение с длинами волн длиннее 760 нм называют инфракрасным. Это излучение воспринимается как тепло, оно широко используется в медицине, в технических областях для нагрева предметов, сушки и т.д.

В совокупности ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение составляют оптический диапазон спектра электромагнитных волн или оптическое излучение.

Сложно переоценить роль света в нашей жизни. Прежде всего солнечный свет создает условия для существования жизни на нашей планете во всех ее проявлениях. Свет обеспечивает зрительное восприятие человеком окружающего мира, гигантских потоков информации. Световая среда во многом ответственна за здоровье и психофизическое состояние, самочувствие и работоспособность, смена темного и светлого времени суток формирует биоритмы человека и т.д. Искусственный свет может дополнить или заменить отсутствующий естественный свет, тем самым обеспечить активную жизнедеятельность человека в темное время суток или в помещениях с отсутствующим или недостаточным естественным светом.

Современная осветительная техника располагает широчайшими возможностями по созданию световой среды, удовлетворяющей самым изысканным требованиям. Дизайнер имеет возможность менять спектральный состав света, его динамику, зональное распределение внутри помещений, все больше приближая обстановку к условиям естественного или наиболее комфортного освещения.

Для оценки количественных и качественных параметров света разработана специальная система световых величин.

Основной мерой света является световой поток, обозначаемый буквой «Ф». **Световой поток** – это мощность светового излучения, измеренная в специальных единицах, люменах (лм).

Световой поток распространяется во все стороны от источника света. Однако с помощью отражателей или линз его можно перераспределить и сосредоточить в определенной части пространства. Доля пространства характеризуется телесным углом. **Телесный угол** равен отношению площади, вырезаемой этим углом на сфере произвольного радиуса, к квадрату этого радиуса. Телесные углы обозначают буквой ω и измеряют в стерадианах (ср).

Если световой поток источника Ф сосредоточить в телесном угле ω, то можно говорить о силе света этого источника как об угловой плотности светового потока. **Сила света** (I) – это отношение светового потока, заключенного в каком-либо телесном угле, к величине этого угла:

$$I=Ф/ω$$

Единицей измерения силы света является **кандела** (кд).

Основной величиной, характеризующей освещение светом конкретных мест, является **освещенность**.

Освещенность – это величина светового потока, приходящаяся на единицу площади освещаемой поверхности (E). Если световой поток Ф падает на какую-то площадь S, то средняя освещенность этой площади равна:

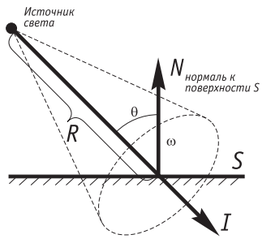
$$Eср=Ф/S$$

Единица измерения освещенности называется **люксом** (лк). Освещенность на какой-либо поверхности

от источника света или осветительного прибора с силой света I определяется формулой:

$$E=I\cos\theta/R^2,$$

где R – расстояние от источника света до освещаемой поверхности; θ – угол падения света на освещаемую поверхность. Зависимость освещенности от силы света, называемая «законом квадратов расстояний», является одним из главных понятий светотехники и лежит в основе всех светотехнических расчетов.



Источники света

В современной светотехнике широко используются различные типы источников света (ИС).
В подавляющем большинстве это электрические источники света, в которых электрическая энергия превращается в оптическое излучение. К основным типам источников света относятся: тепловые, газоразрядные и полупроводниковые (светодиоды).

Тепловые ИС

К этому типу относятся **лампы накаливания**, в том числе галогенные и зеркальные. Принцип работы этих источников прост – оптическое излучение генерируется телом накала, нагретым электрическим током. На сегодня этот тип источников света является самым распространенным благодаря дешевизне и простоте включения. Мгновенный выход в рабочий режим, компактность, независимость от внешней температуры, высокая надежность, сплошной спектр излучения и хорошая цветопередача составляют основные достоинства этих ламп.

Однако основные недостатки этого типа источников света – низкий КПД и непродолжительный срок службы – с каждым годом заставляют все большее число потребителей отказываться от применения ламп накаливания.

Газоразрядные ИС

К газоразрядным ИС (ГРИС) относятся все люминесцентные лампы (в т.ч. компактные и безэлектродные), металлогалогенные, натриевые, ксеноновые, неоновые и др.

Все ГРИС делят на три группы: низкого, высокого, сверхвысокого давления. В ГРИС свет возникает в результате электрического разряда в газовой среде внутри лампы. Спектральный состав возникающего при разряде излучения и его яркость определяются составом газа, его давлением и рабочим током лампы. Следует подчеркнуть отдельно, что подключение ГРИС к электросети невозможно без специальных устройств – пускорегулирующего аппарата и зажигающего устройства, обеспечивающих подачу на лампу зажигающего напряжения и стабилизацию тока в рабочем режиме.

Люминесцентные лампы (ЛЛ) – ГРИС низкого давления, разряд происходит в парах ртути и инертного газа внутри трубчатой колбы между двумя электродами. Основная доля излучения, генерируемая разрядом, лежит в невидимом ультрафиолетовом диапазоне. Люминофор, нанесенный на внутренней поверхности колбы, преобразует ультрафиолетовое излучение в видимое.

Линейные лампы массового применения выпускаются в колбах диаметром 38, 26 и 16 мм (типы T12, T8, T5 соответственно), различных мощностей, длин, в широком диапазоне цветности. Лампы типа T5 работают только с электронными балластами.

Компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) отличаются тем, что разрядную трубку сгибают или свивают, обеспечивая компактность ИС. КЛЛ бывают с внешним ПРА или с встроенным – интегрированным в корпус ИС. КЛЛ с внешним ПРА могут быть двухштырьковыми (со встроенным стартером), работающие только от электромагнитного ПРА, или четырехштырьковыми – с возможностью работы от электронного ПРА.

ГРИС высокого давления включают: **металлогалогенные (МГЛ), натриевые (НЛВД) и ртутные лампы (ДРЛ)**.

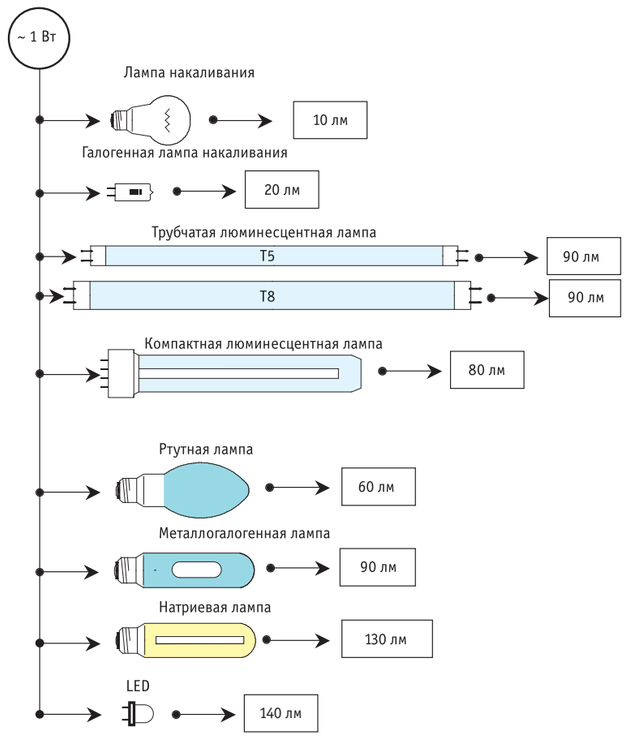
В этих ИС разряд происходит во внутренней компактной горелке, выполненной из тугоплавких прозрачных материалов, например, кварца, сапфира. Рабочее давление внутри горелки может достигать нескольких атмосфер. Состав газовой среды МГЛ включает излучающие добавки, определяющие спектр ламп. Внешняя колба выполнена из прозрачного или матированного стекла трубчатой или эллипсоидной формы.

Типоряды ГРИС высокого давления достаточно широки, что позволяет эффективно использовать их в различных областях.

Светодиоды – светоизлучающие диоды LED, в которых генерация света происходит при прохождении тока через границу полупроводникового и проводящего материалов. Этот тип ИС ворвался на рынок в середине 90-х годов и к настоящему времени догнал по эффективности преобразования электроэнергии в свет существующие. В настоящее время светодиоды нашли применение в самых различных областях: светодиодные фонари, автомобильная светотехника, рекламные вывески, светодиодные панели и индикаторы, бегущие строки и светофоры и т.д. А многократно возросшая эффективность позволяет успешно применять светодиоды для целей общего освещения и постепенно заменять классические источники света, придавая новые свойства осветительным установкам.

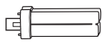
Технические и эксплуатационные параметры ИС

Технические параметры: номинальное напряжение (Uн), номинальная мощность лампы (Pн), номинальный ток лампы (Iн). Важнейшим показателем, характеризующим ИС, является **световая отдача** – отношение светового потока лампы к потребляемой ею мощности. Световая отдача измеряется в люменах на ватт (лм/Вт), является своеобразным световым КПД лампы. Цветовая температура Tц характеризует цвет излучения ИС, общий индекс цветопередачи Ra характеризует качество цветопередачи, обеспечиваемое данным ИС. Основным эксплуатационным параметром является срок службы. Внутри этого понятия разделяют полный срок службы (время от начала эксплуатации до выхода из строя), полезный срок службы (время, в течение которого эксплуатация экономически оправдана), средний срок службы (время, в течение которого 50% испытываемых ламп выйдет из строя).



Источники света, рекомендуемые к использованию в светильниках ТМ «Световые Технологии»

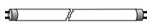
Компактные люминесцентные лампы

Схематичное изображение	Цоколь	Мощность, Вт	Ток, А	Изготовитель	Условное обозначение	Поток, лм	Рабочее положение
	G23	9	0,17	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	PL-S 9W DULUX S 9W LYNX-S 9W F9BX	600 600 600 600	ЛЮБОЕ
		11	0,15	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	MASTER PL-S 11W DULUX S 11W LYNX-S 11W F11BX	900 900 900 900	
	2G11	18	0,375	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C.	PL-L18W DULUX L 18W LYNX-L 18W F18BX КЛ18	1200 1200 1200 1250 1200	
		36	0,435	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C.	PL-L36W DULUX L 36W LYNX-L 36W F36BX КЛ36	2900 2900 2900 2900 2900	
		55	0,55	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	PL-L55W DULUX L 55W LYNX-LE 55W F55BX	4800 4800 4800 4850	
	G24D-1	13	0,175	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	PL-C13W DULUX D 13W LYNX-D 13W F13BXT4	900 900 900 900	ЛЮБОЕ
	G24D-2	18	0,22	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	PL-C18W DULUX D 18W LYNX-D 18W F18BXT4	1200 1200 1200 1200	
	G24D-3	26	0,325	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	PL-C26W DULUX D 26W LYNX-D 26W F26BXT4	1800 1800 1800 1710	
	G24Q-1	13	0,165	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	PL-C13W DULUX D/E 13W LYNX-DE 13W F13DBX	900 900 900 900	
	G24Q-2	18	0,21	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	PL-C18W DULUX D/E 18W LYNX-DE 18W F18DBX	1200 1200 1200 1200	
	G24Q-3	26	0,3	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	PL-C26W DULUX D/E 26W LYNX-DE 26W F26DBX	1800 1800 1800 1710	
	GX24Q-3	32	0,32	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	PL-T 32W DULUX TE 32W LYNX-TE 32W F32TBX	2400 2400 2400 2200	
	GX24Q-4	42	0,32	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	PL-T 42W DULUX TE 42W LYNX-TE 42W F42TBX	3200 3200 3200 3200	
	G10Q	22	0,4	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	TL-E 22W L22W FC22W FC8T9	1250 1350 1200 1000	
		32	0,45	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	TL-E 32W L32W FC32W FC12T9	2050 2050 1700 1825	

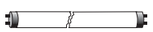
Компактные люминесцентные лампы

Схематичное изображение	Цоколь	Мощность, Вт	Ток, А	Изготовитель	Условное обозначение	Поток, лм	Рабочее положение
	2GX13	55	0,55	OSRAM PHILIPS	FC 55 W MASTER TL5 CIRCULAR 55W	4200 4200	ЛЮБОЕ
	E27	15	0,12	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C.	MASTER PL 15W DULUX EL LL 15W MINI-LINX T 15W/E27 FLE15TBXSP КЛЭ15-6	875 900 900 900 900	
		21	0,135	OSRAM	DULUX EL ECO 21W	1200	
		23	0,18	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C.	MASTER PL 23W DULUX EL LL 23W MINI-LINX T 23W/E27 FLE23TBXSP КЛЭ23-6	1485 1500 1500 1500 1500	

Линейные люминесцентные лампы (Т5) ∅ 16 мм

Схематичное изображение	Цоколь	Мощность, Вт	Ток, А	Изготовитель	Условное обозначение	Поток, лм	Рабочее положение
	G5	4	0,17	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	TL4W/33 L4W F4W F4	140 120 140 150	ЛЮБОЕ
		6	0,16	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	TL6W/35 L6W F6W F6	260 240 280 260	
		8	0,15	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	TL8W/35 L8W F8W F8	380 330 400 380	
		14	0,17	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	TL5 HE 14W FH14W FHE14W F14W	1100 1200 1250 1350	
		28	0,17	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	TL5 HE 28W FH28W FHE28W F28W	2600 2600 2700 2900	
		35	0,175	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	TL5 HE 35W FH35W FHE35W F35W	3300 3300 3400 3650	
		49	0,245	PHILIPS OSRAM	TL5 HO 49W FQ49W	4300 4900	
		54	0,455	PHILIPS OSRAM	TL5 HO 54W FQ54W	4450 4450	
		80	0,53	PHILIPS OSRAM	TL HO 80W FQ80W	6150 7000	

Линейные люминесцентные лампы (T8) ∅ 26 мм

Схематичное изображение	Цоколь	Мощность, Вт	Ток, А	Изготовитель	Условное обозначение	Поток, лм	Рабочее положение
	G13	15	0,33	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	TL-D15W L15W F15W F15	900 950 900 850	ЛЮБОЕ
		18	0,36	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C.	TL-D18W L18W F18W F18 ЛБ18	1100 1300 1100 1150 1060	
		36	0,44	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	TL-D36W L36W F36W F36	2975 3250 2600 2600	
		38	0,43	OSRAM SYLVANIA	L 38W F 38W	3300 3200	
		58	0,67	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	TL-D58W L58W F58W F58	4600 5200 4600 4600	

Галогенные лампы накаливания

Схематичное изображение	Цоколь	Мощность, Вт	Ток, А	Изготовитель	Условное обозначение	Поток, лм	Рабочее положение
	G53	35-100	–	PHILIPS OSRAM	ALULINE PRO 111 HALOSPOT 111	600-2200 600-2200	ЛЮБОЕ
	E27	50	–	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	PAR 20S HALOPAR 20 FL HI SPOT 80 50W 50PAR25/230/FL	950 900 900 850	
		75	–	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	PAR 30S HALOPAR 30 FL HI SPOT 9575 75PAR30/230/FL	1575 1450 1450 1350	
		100	–	PHILIPS SYLVANIA GE	PAR 30S HI SPOT 10005 100PAR30/230/FL	2200 2100 2000	
	GY6.35	100	–	PHILIPS SYLVANIA GE	CAPCULELINE PRO AXIAL 12V/100W M28/Q100	2200 2100 2000	
	GU5.3	50	–	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	DIAMONDLINE PRO 14671/12V 41871WFL SUPERIA50 EXN 12V/50W EXT/CG CODE 20872	950 900 900 850	
	E27	120	–	OSRAM SYLVANIA GE	CONC PAR38 FL 120 PAR38 120PAR38/FL	2600 2550 2300	

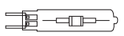
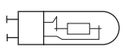
Источники света. Технические и эксплуатационные параметры

Справочно-техническая информация

Лампы накаливания

Схематичное изображение	Цоколь	Мощность, Вт	Ток, А	Изготовитель	Условное обозначение	Поток, лм	Рабочее положение
	E27	40	0,18	OSRAM SYLVANIA GE	CLAS A FR 40 GLS CLEAR 40W230V 40A1	420 415 300	ЛЮБОЕ
		60	0,27	OSRAM SYLVANIA GE	CLAS A FR 60 GLS CLEAR 60W230V 60A1	710 710 540	
		75	0,34	OSRAM SYLVANIA GE	CLAS A FR 75 GLS CLEAR 75W230V 75A1	940 925 730	
		100	0,45	OSRAM SYLVANIA GE	CLAS A FR 100 GLS CLEAR 100W230V 100A1	1360 1340 1080	
	E40	300	1,3	OSRAM SYLVANIA GE	SPC.A CL300 NORMAL 300W 300A1/CL/E40	5000 4510 4850	
		500	2,2	OSRAM SYLVANIA	SPC.A CL500 NORMAL 500W	8400 8450	

Металлогалогенные лампы

Схематичное изображение	Цоколь	Мощность, Вт	Ток, А	Изготовитель	Условное обозначение	Поток, лм	Рабочее положение
 Только для закрытых светильников	G12	35	0,5	PHILIPS OSRAM SYLVANIA	CDM-T 35W HCI-T 35 CMI-T 35W	3300 3400 3400	ЛЮБОЕ
		70	1	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	CDM-T 70W HCI-T 70 CMI-T 70W ARC70TT	6600 6700 6000 5500	
		150	1,8	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	CDM-T 150W HCI-T 150 CMI-T 150W ARC150/T	14000 14500 13000 12000	
 Только для закрытых светильников	G8.5	70	0,98	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	CDM-TC 70W HCI-TC70 CMI-TC 70W CMH70	6400 6900 6200 6000	
	GX8.5	35	0,53	PHILIPS OSRAM	MASTER COLOR CDM-R111 35W HCI-R111 35	3300 3100	
		70	0,88	PHILIPS OSRAM	MASTER COLOR CDM-R111 70W HCI-R111 70	6400 6900	
	GU6.5	20	0,2	OSRAM	HCI-TF 20 WBL PB	1700	
			0,2	GE	CMH20/T/UVC GU6.5	1615	
		35	0,4	OSRAM	HCI-TF 35 WBL PB	3400	
			0,4	GE	CMH35/T/UVC/GU6.5	3400	
	GX10	20	0,215 0,21	PHILIPS GE	MASTER COLOR CDM-R mini 20W CMH20	1080 –	

Металлогалогенные лампы

Схематичное изображение	Цоколь	Мощность, Вт	Ток, А	Изготовитель	Условное обозначение	Поток, лм	Рабочее положение
Только для закрытых светильников	RX7S	70	1	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	MHN-PRO TD 70W HQI-TS 70 HSI-TD 70W ARC70	5700 5000 5400 5500	P45
	RX7S-24	150	1,8	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	MHN-PRO TD 150W HQI-TS 150 HSI-TD 150W ARC150	12900 11000 11000 12000	
Только для закрытых светильников	E40	250	3	OSRAM SYLVANIA	HQI-T 250 HSI-T 250	20000 20000	ЛЮБОЕ
		400	3,4	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C.	HPI-T PLUS 400 HQI-BT 400 HSI-THX 400W ARC400/T ДРИ 400-6	35000 35000 36000 35000 33000	P20 ЛЮБОЕ P20 P20 P20
		1000	9,1	OSRAM	HQI-T 1000/N	110000	P30
	E27	70	1	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	CDO-ET 70W HQI-E70 HSI-MP 70 CO CMH70/E	5600 5200 5200 6000	ЛЮБОЕ
		150	1,8	OSRAM SYLVANIA	HQI-E150 HSI-MP150	11400 12500	
	E40	250	3	OSRAM SYLVANIA	HQI-E 250 HSI-SX 250W	17000 20000	
		400	3,4 3,4 3,4 3,5	SYLVANIA PHILIPS GE OSRAM	HSI-HX 400W HPI PLUS 400 BU KRC400/D/VBU HQI-E 400	35200 32500 32000 31000	H15 H15 H15 ЛЮБОЕ
Только для закрытых светильников	Кабель	1000	9,6	OSRAM	HQI-TS 1000/D/S	90000	P15
		2000	11,3	PHILIPS OSRAM SYLVANIA	MHN-SBPRO 2000W HQI-TS 2000/D/S HSI-TD 2000W/D	200000 200000 200000	P15 P15 P20

Ртутные лампы высокого давления

Схематичное изображение	Цоколь	Мощность, Вт	Ток, А	Изготовитель	Условное обозначение	Поток, лм	Рабочее положение
	E27	80	0,8	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C.	HPL-N 80W HQL 80 HSL-BW 80W H80NDX ДРЛ80	4000 3400 3800 4000 3400	ЛЮБОЕ
		125	1,15	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C.	HPL-N 125W HQL 125 HSL-BW 125W H125NDX ДРЛ125	6800 5700 6300 6500 6000	
	E40	250	2,1	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C.	HPL N 250 HG HQL 250 HSL-BW250W H250ST/25MIH ДРЛ 250	12700 13000 13000 13000 13200	
		400	3,25	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C.	HPL N 400 HG HQL 400 HSL-BW400W H250ST/40MIH ДРЛ 400	22000 22000 22000 13000 23700	

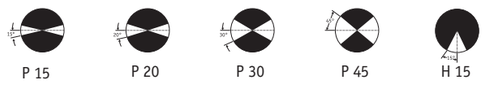
Источники света. Технические и эксплуатационные параметры

Справочно-техническая информация

Натриевые лампы высокого давления

Схематичное изображение	Цоколь	Мощность, Вт	Ток, А	Изготовитель	Условное обозначение	Поток, лм	Рабочее положение
Только для закрытых светильников	RX7S	70	1	OSRAM	NAV-TS 70 SUPER 4Y	6800	P45
	RX7S-24	150	1,8	OSRAM	NAV-TS 150 SUPER 4Y	15000	
	E40	250	3	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C.	SON-T PRO 250W NAV-T 250 SHP-T 250 W LU250/T/40 MIH ДНАТ 250	28000 27000 28000 27500 24000	ЛЮБОЕ
		400	4,4	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C.	SON-T PRO 400W NAV-T 400 SHP-T 400 W LU400/T/40 MIH ДНАТ 400	48000 48000 48000 50000 47500	
		600	5,8	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	MASTER SON-T PIA PLUS 600 PLANTASTAR 600 SHP-TS 600W LU 600/HO/T/40 MIH	87500 90000 90000 90000	
	E27	70	0,98	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE B.A.B.C.	SON PRO 70W-E NAV-E 70/E SHP-S 70W LU 70/90/D ДНАМТ 70	5600 5600 6000 6000 5600	
	E40	150	1,8	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	SON PRO 150W-E NAV-E 150 SHP-S 150W LU 150	14500 14000 15500 15000	
		250	3	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	SON PRO 250W NAV-E 250 SHP 250W LU250/T/40 MIH	27000 25000 26000 27500	
		400	4,45	PHILIPS OSRAM SYLVANIA GE	SON PRO 400W NAV-E 400 SHP 400W LU400/T/40 MIH	48000 47000 47000 50000	
		400	4,6	РЕФЛАКС	ДНАЗ 400-1	46000	
Только для закрытых светильников	GX12-1	100	1,1	PHILIPS	SDW-TG 100W	4900	

Рабочее положение ламп



Допустимое Недопустимое

Особенности работы газоразрядных источников света в схемах подключения

Для подключения ГРИС к стандартной сети переменного тока* требуется пускорегулирующий аппарат (ПРА) и зажигающее устройство (ЗУ). Производители данного оборудования выпускают электромагнитные и электронные ПРА и ЗУ. При этом электронные ПРА включают в себя функцию зажигающих устройств.

ПРА называют также балластами, что хорошо выражает роль, которую играют эти устройства в процессе генерации света. Стабилизируя рабочие параметры лампы, они, потребляя электрическую мощность, вносят энергетические потери в работу комплекта «лампа–ПРА». Наибольшие потери происходят в электромагнитных ПРА – дросселях, для маломощных ламп они могут достигать 50% от мощности лампы (чем больше мощность лампы, тем меньше доля потерь). Электронные ПРА существенно превосходят электромагнитные по эффективности, особенно для маломощных ЛЛ.

При анализе энергозатрат на освещение следует помнить, что энергоэффективность работы ламп определяется отношением светового потока лампы и мощности, потребляемой комплектом «лампа–ПРА».

В европейской практике принята энергетическая классификация EEI, где общее потребление мощности комплекта «лампа–ПРА» разделено по уровню потерь на 7 классов для каждого типа ЛЛ.

Класс	Тип ПРА	Например, для ЛЛ (мощность 36 Вт – 50 Гц; 32 Вт – ВЧ)	
		Потребление комплекта «ЛЛ–ПРА» по каталогу Vossloh-Schwabe	Требования к индексу EEI (эффективность балласта)
A1	Электронный регулируемый	19	91,4%
A2	Электронный	36	88,9%
A3	Электронный	38	84,2%
B1	Электромагнитный малые потери	41	83,4% Планируется запрет на использование в странах ЕС с 2017 г.
B2	Электромагнитный малые потери	43	79,5% Планируется запрет на использование в странах в странах ЕС с 2017 г.
C	Электромагнитный обычный	45	Запрещены к продаже в странах ЕС с 2005 г.
D	Электромагнитный обычный	БОЛЕЕ 45	Запрещены к продаже в странах ЕС с 2002 г.

ПРА с высокими потерями постепенно вытесняются с рынка ЕС введением соответствующих экологических директив. Так, балласты классов C и D уже запрещены к продаже в странах ЕС, к 2017 году планируется введение дальнейших ограничений на низкоэффективные балласты (A3, B1, B2).

В таблице приведены регламентированные значения мощности, потребляемой распространенными вариантами комплектов «лампа–ПРА» для электромагнитных и электронных балластов различных классов

Тип лампы	Мощность лампы, Вт		Мощность, потребляемая комплектом «лампа–ПРА» для различных классов балластов, Вт						
	50 Гц	HF (высокая частота)	A1**	A2	A3	B1	B2	C	D
T8	18	16	10,5	19	21	24	26	28	> 28
T8	58	50	29,5	55	59	64	67	70	> 70
TC-L	18	16	10,5	19	21	24	26	28	> 28
TC-L	36	32	19	36	38	41	43	45	> 45
TC-D	18	16,5	10,5	19	21	24	26	28	> 28
TC-D	26	24	14,5	27	29	32	34	36	> 36

* Допустимые отклонения напряжения у осветительных приборов должны соответствовать требованиям ГОСТ 13109-87 «Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения».
** Приведены значения мощности при диммировании потока лампы до 25% от номинала.

Особенности работы газоразрядных источников света

Справочно-техническая информация

Кроме высокого КПД использование светильника с ЛЛ в комплекте с ЭПРА обеспечивает: надежное зажигание и увеличенный срок службы ламп; высокий коэффициент мощности, близкий к 1,0; повышение световой отдачи светильника; отсутствие пульсаций светового потока и акустических шумов при работе; пониженное тепловыделение; уменьшение эксплуатационных расходов, связанных с заменой ламп; существенное уменьшение массы светильника.

Пульсации светового потока светильников возникают при питании ИС переменным током промышленной частоты. В этой ситуации световой поток ИС пульсирует с частотой 100 Гц, что при достаточной глубине пульсаций (измеряется коэффициентом пульсаций – $K_п$,%) может существенно ухудшить качество световой среды. Коэффициент пульсаций светового потока осветительной установки нормируется ДБН В.2.5-28 при питании светильников переменным током частотой до 300 Гц.

Применение ЭПРА открывает возможности использовать для питания светильников сети постоянного тока. Это становится актуальным, например, при проектировании ОУ на объектах с аварийными сетями постоянного тока и в других случаях. Для гарантированного приобретения светильников с этой функцией при заказе необходимо указать требование – «обеспечить возможность аварийного питания от сетей постоянного тока».

Следует отметить, что при использовании нестабилизированных ЭПРА класса A3 может возникать ситуация, когда ВЧ рабочий ток лампы промодулирован промышленной частотой. В этом случае коэффициент пульсаций светового потока ламп, работающих в комплекте с таким ЭПРА, может достигать значений, характерных для ламп с электромагнитными дросселями.

Ниже в таблице приведены минимальные уровни освещенности рабочих поверхностей и допустимого коэффициента пульсации светового потока в некоторых характерных помещениях при общем освещении.

Красным цветом выделены значения, **рекомендуемые** Международной комиссией по освещению.

Помещение	Освещенность, лк		$K_п$, %
Кабинеты, офисы, представительства	300	500	≤ 15
Проектные залы, чертежные бюро	500	750	≤ 10
Конференц-залы и переговорные комнаты	200	500	≤ 20
Кабинеты с видеотерминалами ЭВМ	400	500	≤ 5
Торговые площади	200–500	300–500	≤ 10
Демонстрационные витрины	300	500–1000	–
Классные комнаты школ	300	300	≤ 10
Лекционные аудитории	400	500	≤ 10
Фойе концертных и кинозалов	150	300	–
Залы ресторанов, кафе самообслуживания	200	200	≤ 20

Основные характеристики светильников и условия их эксплуатации

Светильниками называют осветительные приборы, перераспределяющие световые потоки источников света внутри больших телесных углов. Световой поток, выходящий из светильника и попадающий на конкретную освещаемую поверхность, является полезным потоком, остальной практически теряется.

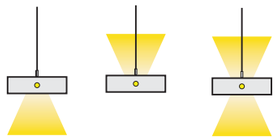
Световую эффективность работы светильника можно характеризовать КПД светильника. КПД светильника относится только к световым характеристикам и определяется как отношение светового потока, выходящего из светильника, к световому потоку ИС: $КПД_{св}=Ф_{св}/Ф_{ис}$

Для оценки энергетического КПД светильника следует дополнительно учесть эффективность работы комплекта «лампа–ПРА».

В этом случае световая отдача светильника ($\eta_{св}$, лм/Вт) определяется по следующей формуле: $\eta св= Ф_{ис} \cdot КПД_{св}/(P_л + P_б)$, где $(P_л + P_б)$ – мощность ламп и балласта, Вт.

Данная величина лежит в основе оценок энергоэффективности ОУ и уже регламентируется в национальных, европейских и американских нормативах, например, SIA-Standard 380/4: «Электрическая энергия в зданиях», документах Департамента энергетики в США, Техническом регламенте энергетической маркировки электрических ламп и светильников (постановление КМ Украины 27.05.2015 №340).

Такие нормативные величины разрабатываются для групп светильников, характеризующихся схожим типом распределения светового потока в пространстве. Прежде всего это светильники прямого света (рис. а) (не менее 80% потока направлено в сторону выходного окна), отраженного света (рис. б) (не менее 80% потока направлено в обратную сторону), светильники смешанного типа (рис. в) (прямого/отраженного света – световой



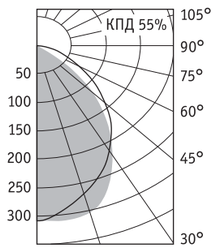
а б в

поток делится приблизительно поровну) и др.

Например, согласно SIA-Standard 380/4, для светильников отраженного света с трубчатыми ЛЛ нижний предел $\eta_{св}$ – 55 лм/Вт; прямого – 60 лм/Вт; смешанного – 70 лм/Вт. В ближайшем будущем эти требования планируется ужесточить до 70; 75; 80 лм/Вт соответственно. Такие шаги заметно повысят требования ко всем элементам конструкции современных светильников, источникам света и ПРА.

Характер распределения светового потока светильника в пространстве описывается с помощью кривых сил света (КСС). КСС – графическое изображение зависимости силы света от направления распространения. Для удобства в каталогах приводят условные КСС, рассчитанные для источника света со световым потоком 1000 лм. Таким образом, реальная сила света для светильника с ИС с другим потоком ($Ф_{ис}$) определяется умножением значений условной КСС на отношение $Ф_{ис}/1000$.

ARS/R 418



Обычно для исчерпывающей характеристики светораспределения достаточно знать КСС в двух плоскостях: продольной и поперечной. Обе плоскости проходят через центр источника света в светильнике перпендикулярно выходному окну: продольная вдоль оси лампы, поперечная – поперек (перпендикулярно продольной). При круглосимметричном светораспределении КСС во всех плоскостях одинаковы. В нашем каталоге продольные КСС выделены серой заливкой, поперечные – показаны черной линией контура. Главная оптическая ось светильника проходит по пересечению продольной и поперечной КСС, значения сил света двух КСС всегда совпадают в этом направлении.

К светотехническим характеристикам относятся еще две величины: яркость видимых частей и защитный угол светильника. Данные характеристики позволяют оценить степень неудобства, создаваемую в помещении тем или иным светильником, определить показатель дискомфорта, вызванный ярким объектом в поле зрения наблюдателя. Защитным углом светильника называется угол, в пределах которого глаз защищен от прямого света ламп. Мы вернемся к этим характеристикам при анализе критериев рационального выбора светильников.

Преимущества и перспективы применения светодиодов в искусственном освещении

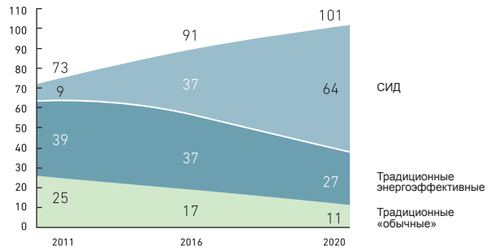
Светодиоды, или светоизлучающие диоды (СИД) англ. LightEmittingDiode, (LED) заняли прочное место среди источников света массового применения. Благодаря непрерывному процессу совершенствования полупроводниковых технологий параметры выпускаемых СИД постоянно улучшаются, а области применения стремительно расширяются.

СИД можно отнести к экологически чистым источникам света, при этом они обладают и другими преимуществами по сравнению с традиционными:

- Экономично используют энергию. На сегодня лабораторные образцы достигли значения энергоэффективности 250 лм/Вт, на практике в ближайшие годы по этому параметру они обгонят все существующие источники света;
- При оптимальной схемотехнике источников питания и применении качественных компонентов, средний срок службы светодиодных светильников достигает 50 тысяч часов;
- Возможность получать различные спектральные характеристики без применения светофильтров, отсутствие ультрафиолетового и инфракрасного излучения в спектрах осветительных СИД;
- Возможность эксплуатации при низких температурах;
- Малые габариты. Высокая прочность и устойчивость к вибрациям и другим нагрузкам;
- Отсутствие ртути (в отличие от разрядных ламп), что исключает отравление ртутью при переработке и эксплуатации.

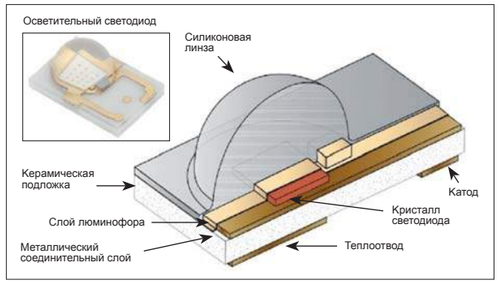
В отчете McKinsey's 2012 Global Lighting Market уже в течение ближайших 5 лет прогнозируется выход светодиодных технологий на лидирующее место на мировом рынке осветительной техники, а к 2020 году уже 2/3 рынка будут принадлежать светодиодам.

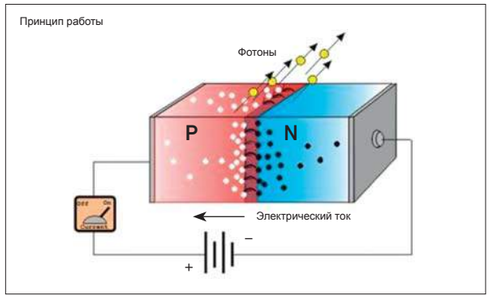
Тенденции развития мирового рынка энергоэффективных светотехнических приборов (McKinsey's 2012 Global Lighting Market)



Конструкция СИД

Светодиод состоит из нескольких слоев различных полупроводниковых материалов, выращенных на общей подложке методами современной микроэлектроники. Технологический процесс состоит из многочисленных этапов, среди которых можно выделить подготовку подложки, выращивание полупроводниковых слоев (эпитаксия), добавление примесей (легирование), нанесение изоляционных слоев (оксидирование) и электродов (металлизация). В конце технологического цикла светодиоды тестируются, подложка разрезается на отдельные кристаллы, которые затем корпусируются. Осветительные светодиоды выпускаются в корпусном исполнении, в виде мультикристальных сборок (матриц) или в бескорпусном исполнении (так называемые Chip On Board, COB).





Принципы работы и материалы

Светодиод – полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при прохождении через него электрического тока. При приложении к диоду прямого напряжения электроны из n-области инжектируются в p-область, где происходит их рекомбинация с дырками. При этом выделяется энергия в виде излучения кванта света определенной длины волны. Однако не все носители заряда рекомбинируют, и не все сгенерериванные фотоны покидают пределы кристалла. Большая часть энергии электрического тока рассеивается в виде тепла. Отношение числа испущенных фотонов к общему числу инжектированных носителей заряда определяет общую эффективность светодиода как источника света.

Спектральные характеристики излучаемого света зависят от химического состава использованных в нем полупроводниковых материалов и технологии производства. Для получения излучения различных цветов используют разные типы полупроводников и легирующих примесей.

Особенности работы светодиодов в составе осветительных приборов

Производство качественных светодиодных светильников требует учета множества факторов для достижения оптимального баланса между требованиями к эффективности, габаритам и цене готового продукта.

Прежде всего, рассмотрим СИД как электронный прибор. Для обеспечения его надежной работы необходимо стабилизировать ток через светодиодную цепочку. Это условие не всегда легко выполнить, особенно в приборах, содержащих много маломощных светодиодов.

Соответственно, для **включения СИД обязательно требуется источник питания постоянного тока**, преобразующий сетевое напряжение в напряжение, пригодное для безопасного питания светодиодной цепочки. Большинство производителей светодиодных источников питания, так называемых драйверов, предлагают источники постоянного тока для мощных светодиодов (на токи от 350 мА до единиц ампер). Такие драйвера подходят для точечных источников света на базе мощных светодиодов или светодиодных матриц.

В последнее время повышается интерес именно к маломощным светодиодам (с током от 60 до 100 мА) как к более экономичной альтернативе мощным кристаллам – они не требуют массивных радиаторов и стоят на порядок дешевле своих мощных собратьев. Для повышения эффективности светильника на маломощных светодиодах последние должны быть соединены последовательно (что обеспечивает одинаковый ток через светодиоды и, соответственно, более равномерный световой поток), однако при этом напряжение на длинной цепочке может достигать высоких значений. Зачастую это требует от производителя светильника разработки специального источника питания.

Следующим критическим компонентом светодиодного светильника является его корпус, **который должен обеспечивать требуемый тепловой режим СИД** и в большинстве случаев выполнять функцию радиатора. В этой связи следует помнить, что заявленные производителем светодиодного кристалла параметры эффективности нередко могут ввести в заблуждение относительно конечных показателей светильника, поскольку большинство из них измеряется в условиях лаборатории. В реальном осветительном приборе СИД может подвергнуться влиянию неучтенных рабочих нагрузок (прежде всего, перегрев – в результате неправильно сконструированного теплоотвода, броски тока – в результате использования низкокачественного источника питания, воздействие агрессивных сред на ряде производств и т.п.). В результате реальные характеристики такого светодиода могут значительно снизить ожидаемую эффективность светильника в целом.

Не менее важную роль при создании светильника играет **вторичная оптика, формирующая КСС**. Вторичная оптика – прежде всего линзы из оптически прозрачных материалов, – аккумулируют и перераспределяют свет, значительно повышая эффективность светильника. Линзы выпускаются в одиночном исполнении или для групп светодиодов и могут обеспечить разнообразные варианты КСС. Кроме этого, в качестве элементов вторичной оптики возможно использование отражающих материалов: пленок, анодированного алюминия и др.

Класс защиты светильников от поражения электрическим током и степень защиты от воздействия окружающей среды (по ДСТУ EN 60598-1 и ГОСТ 14254)

Светильник может быть отнесен только к одному из 4-х классов защиты от поражения электрическим током:

Класс 0: защита от поражения электрическим током обеспечивается только основной (рабочей) изоляцией. Токоведущие части светильника отделены от токопроводящих частей, доступных для прикосновения при замене источника света или профилактике светильника, также основной изоляцией. Присоединение токопроводящих деталей, доступных для прикосновения, к заземляющему проводу не предусмотрено. Питание светильника осуществляется однофазной двухпроводной сетью.

Класс I: защита от поражения электрическим током обеспечивается как основной изоляцией, так и присоединением доступных для прикосновения токопроводящих частей светильника к защитному (заземленному) проводу стационарной однофазной трехпроводной или трехфазной пятипроводной питающей сети. В маркировке светильника может присутствовать символ.

Класс II: защита от поражения электрическим током обеспечивается двойной или усиленной изоляцией. Светильник не имеет устройства защитного заземления. Питание светильника осуществляется двухпроводной однофазной сетью. Отличается наличием в маркировке светильника символа.

Класс III: защита от поражения электрическим током обеспечивается применением безопасного низкого напряжения (≤ 50 В) питания. Светильник не имеет зажимов для защитного заземления. Во внутренних цепях светильника не возникает напряжения выше 50 В. В маркировке светильника в обязательном порядке присутствует символ.

По степени защиты от воздействия окружающей среды, определяемой кодом IP (ingress protection), с указанием двух цифр, первая из которых характеризует защиту светильника от проникновения твердых образований, а вторая – от попадания воды, светильники подразделяются на:

- Обычные – **IP20** – защищен от внешних твердых предметов диаметром ≥ 12,5 мм и не защищен от попадания воды;
- Защищенные.

От внешних твердых предметов и пыли:
IP3x – твердые предметы диаметром ≥ 2,5 мм не проникают в оболочку;
IP4x – оболочка защищена от попадания твердых тел диаметром ≥ 1,0 мм;
IP5x – пылезащищенный (проникающая пыль не нарушает работу и не снижает безопасность светильника);
IP6x – пыленепроницаемый светильник.

От воздействия воды:
IPx1 – вертикально падающие капли воды не оказывают вредного воздействия;
IPx2 – капли воды, падающие на светильник под углом 15° от вертикали, не оказывают вредного воздействия;
IPx3 – дождезащищенный: вода в виде брызг, падающих на светильник под углом 60° от вертикали, не приводит к нарушению работоспособности и не снижает безопасность светильника;
IPx4 – брызгозащищенный: вода в виде брызг, падающих на светильник с любого направления, не приводит к нарушению работоспособности и не снижает безопасность светильника;
IPx5 – струезащищенный: вода в виде струй с любого направления не приводит к нарушению работоспособности и не снижает безопасность светильника;
IPx6 – струезащищенный: вода в виде сильных струй с любого направления не приводит к нарушению работоспособности и не снижает безопасность светильника;
IPx7 – водонепроницаемый: при кратковременном погружении в воду исключено ее проникновение в количестве, которое может привести к нарушению работоспособности и/или снижению безопасности светильника;
IPx8 – герметичный светильник (указывается наибольшая глубина погружения).
(В маркировке защищенных светильников должен присутствовать соответствующий код IP).

От внешних механических воздействий (IK код).
IK код - это числовая классификация степени защиты светильника от внешних механических воздействий. Каждому светильнику присваивается код IK XX, где XX от 00 до 10.

Код IK	Энергия удара	Описание
00	Защита отсутствует	Защита отсутствует
01-07	От 0,15 до 2.0 Дж	Устойчивость возрастает
08	5 Дж	Вандалозащищенный
09	10 Дж	
10	20 Дж	Вандалостойкий

Для обычного офисного светильника достаточно IK02, для промышленных объектов предпочтительно выбирать светильники с IK 06 и выше. Светильники с IK 08 и выше являются антивандальными.

Светобиологическая безопасность
Светильники являются источниками излучения широкого спектра, в котором может присутствовать излучение

от ИК до УФ. Свет воздействует на человека и при определённых условиях глаза и кожа могут подвергаться опасности. По результатам длительных исследований были определены нормы по облученности и установлены критерии светобиологической безопасности световых приборов. Согласно европейских директив, определены четыре группы риска: RG0 – группа без риска, RG1- небольшой риск, RG2 – средний риск, RG3 – большой риск. Традиционные светильники в основном попадают в RG0 и RG1 группы, не представляющие опасности при длительном воздействии. Развитие новых мощных светодиодных кристаллов вызвало появление светильников группы RG2. Производители должны предупреждать потребителей, если группа риска превышает RG1.

Физико-химические свойства применяемых конструкционных материалов

В светотехнической промышленности наиболее распространенными конструкционными материалами, применяемыми при создании осветительного прибора, служат алюминий, сталь, а также полимерные материалы:
GRP (SMC) – полиэстер, усиленный стекловолокном;
ABS – сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола; SAN – сополимер стирола и акрилонитрила;
PMMA – полиметилметакрилат (акрил);
PC – поликарбонат.

Все конструкционные материалы имеют разные физико-химические свойства, зная которые, можно правильно определить, в каких условиях эксплуатации прибор будет надежно функционировать.

Механическая прочность

Конструкционные материалы, которые используются в изготовлении светотехнического оборудования, должны соответствовать требованиям стандарта ДСТУ EN 60598-1. Причем для разных светильников с разными условиями эксплуатации применяются различные методы испытания на механическую прочность.

Встраиваемые и обычные стационарные светильники: для хрупких деталей (детали из стекла, светопропускающие оболочки, обеспечивающие защиту от пыли, твердых частиц и влаги) значение энергии удара составляет 0,2 Дж, для других деталей – 0,35 Дж.

Прожектора заливающего света и светильники для освещения улиц и дорог: для хрупких деталей значение энергии удара составляет 0,5 Дж, для других деталей – 0,7 Дж.

Испытания **светильников для тяжелых условий эксплуатации** проводятся с помощью стального шара ∅ 50,0 мм и массой 510 г. В процессе испытаний шар сбрасывают с высоты 1,32 м, что обеспечивает энергию удара, равную 6,5 Дж (см. рис. 1).

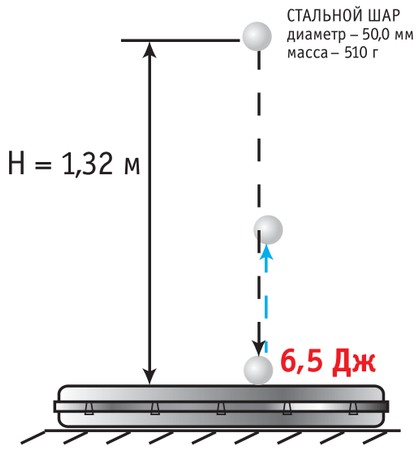
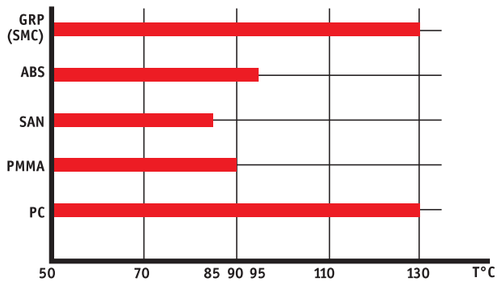


Рис. 1

Теплостойкость

Одним из важных требований, предъявляемых к светильникам и, в частности, к используемым конструкционным материалам, является обеспечение длительной и бесперебойной работы в условиях напряженного теплового режима. В первую очередь это касается полимерных материалов. Поэтому способность разных полимерных материалов сохранять эксплуатационные свойства при повышенных температурах может сыграть решающую роль при выборе светильника для работы в тех или иных условиях.

На графике приведены допустимые значения температур для полимерных материалов, применяемых в производстве световых приборов.



Основные характеристики светильников и условия их применения

Справочно-техническая информация

Химическая стойкость

Химическая стойкость – это устойчивость конструкционных материалов к химически агрессивным средам.

В таблице представлена стойкость конструкционных материалов к некоторым химически агрессивным средам.

Материалы / Среды	GRP (SMC)	ABS	SAN	PMMA	PC	Алюминий	Сталь, окрашенная порошковой краской	Нержавеющая сталь
Кислоты	+	+	+	+	+	–	+	+
Щелочи	±	±	±	±	–	–	+	+
Бензин	–	–	–	+	+	+	+	+
Солярка	±	–	–	+	±	+	+	+
Машинное масло	+	+	–	±	+	+	+	+
Аммиак	+		+	+	–	+		+
Растворители: ацетон, фенол, диоксан и др.	–	–	–	–	–	+	–	+

«+» – устойчив
«±» – ограниченная устойчивость
«–» – не устойчив

Стойкость к УФ-излучению

Основным критерием при выборе материалов для изготовления светильников наружного освещения является стойкость этих материалов к УФ-излучению.
В особой степени это касается светильников, изготовленных с применением полимерных материалов.

В таблице представлены материалы различной степени стойкости к УФ-излучению.

GRP (SMC) (Корпус)	ABS (Корпус)	SAN (Рассеиватель)	PMMA (Рассеиватель)	PC (Корпус, рассеиватель)
=	≠	≠	=	≠

«=» – сильная стойкость
«≠» – слабая стойкость

Условия эксплуатации светильников в части воздействия климатических факторов внешней среды

Конструкция светильников, свойства применяемых в них материалов и комплектующих изделий, а также источников света определяют возможность эксплуатации светильников при воздействии тех или иных факторов внешней среды.

Высокий показатель (IP) степени защиты светильника от воздействия окружающей среды еще не означает возможность эксплуатации светильника в любых климатических условиях и произвольном его размещении.

Вид климатического исполнения светильника и категория, определяющая возможное место его размещения, указываются в сопроводительных документах (паспорт и инструкция по эксплуатации).

Ниже приводятся характеристики климатического исполнения выпускаемых светильников и категории их размещения по ГОСТ 15150:

Исполнение светильника и категория размещения	Характеристика категории (возможные для применения светильники)	Возможные значения климатических факторов			
		Температура воздуха, °С*		Относительная влажность, %	
		Верхнее значение	Нижнее значение	Верхнее значение	Среднегодовое значение
УХЛ1*	Для эксплуатации на открытом воздухе (светильники для наружного освещения, прожекторы)	+40	–40	100 при 25 °С	80 при 15 °С
УХЛ2*	Для эксплуатации под навесом или в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе, но исключено прямое воздействие солнечного излучения и атмосферных осадков (светильники для промышленного освещения, а также CD, KD, OD, C, K, OWP(IP54), ALD)	+40	–20	100 при 25 °С	80 при 15 °С
УХЛ4*	Для эксплуатации в помещениях с искусственно регулируемым климатом (все виды светильников)	+35	+5	80 при 25 °С	60 при 20 °С
УХЛ5*	Для эксплуатации в помещениях с повышенной влажностью, в которых возможно длительное наличие воды или частая конденсация влаги на стенах и потолке (FLORA)	+35	+5	100 при 25 °С	90 при 15 °С

* Значения указаны с учетом особенностей работы разрядных источников света при пониженных температурах.

За нормальные значения факторов внешней среды при испытаниях изделий (нормальные климатические условия испытаний) принимают следующие:

- температура – +25±10 °С;
- относительная влажность воздуха – 45–80%;
- атмосферное давление – 630–800 мм рт. ст.

При выборе светильника для тех или иных условий эксплуатации необходимо руководствоваться требованиями к осветительным установкам, изложенными в «Правилах устройств электроустановок» (ПУЭ), и указаниями производителя.

Светильники, предназначенные для работы при повышенных (жаркие помещения) и пониженных (холодильные камеры) температурах, разрабатываются с учетом всех критических факторов, комплектуются специальными источниками света и обеспечивают надежную работу в экстремальных условиях.

Размещение светильников в пожароопасных зонах

Основным нормативным документом для размещения светильников в пожароопасных зонах являются Правила устройства электроустановок (ПУЭ, ДНАОП 0.00-1.32-01). **Соответственно, при выборе светильников для размещения в пожароопасных зонах следует руководствоваться требованиями, изложенными в этом документе, а именно:**

...5.9.1. В пожароопасных зонах должны применяться светильники, имеющие степень защит оболочки не менее указанной в табл. 5.3:

Источники света, устанавливаемые в светильниках	Степень защиты светильников для пожароопасной зоны класса, не менее			
	П-I	П-II	П-IIа, а также П-II при наличии местных нижних отсосов и общеобменной вентиляции	П-III
Лампы накаливания	IP53	IP53	2'3	2'3
Лампы ДРЛ	IP53	IP53	IP23	IP23
Люминесцентные лампы	5'3	5'3	IP23	IP23

Допускается изменять степень защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой устанавливаются светильники...

...5.9.2. Конструкция светильников с лампами ДРЛ должна исключать выпадение из них ламп. Светильники с лампами накаливания должны иметь сплошное силикатное стекло, защищающее лампу, с отражателями и рассеивателями из материала, не поддерживающего горение. Светильники не должны иметь отражателей и рассеивателей из сгораемых материалов. В пожароопасных зонах любого класса складских помещений светильники с люминесцентными лампами не должны иметь отражателей и рассеивателей из горючих материалов...»

Таким образом, на основании характеристик светильников, помещенных в настоящем каталоге, можно определить возможность их использования в пожароопасных зонах различных категорий.
В нижеследующей таблице приведены характеристики пожароопасных зон и примеры светильников, соответствующих требованиям ПУЭ, ДНАОП 0.00-1.32-01.

Класс пожароопасной зоны	Характеристика зоны	Светильники с ДРЛ, ДРИ, ДНаТ и ЛН	Светильники с ЛЛ
П-I	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С	LBA, LBF, HBT, Leader	OWP со стеклом, NBS, KRK, INOX
П-II	Зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м³ к объему воздуха	LBA, LBF, HBT, Leader	OWP со стеклом, NBS, INOX, KRK
П-IIа	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества	LBA, LBF, HBT, Leader	OWP со стеклом, NBS, INOX
П-III	Зоны, расположенные вне помещения, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С или твердые горючие вещества	LBA, LBF, HBT, Leader	LNB (IP 23), OWP со стеклом, NBS, KRK, INOX, Stock с IP23

Оценка тепловыделения светильников

При определении требований к системам кондиционирования и вентиляции, режимов воздухообмена в помещениях различного назначения необходим **учет тепловыделения, производимого осветительными установками**.

Основные физические законы, определяющие процессы генерации света и работу электрической схемы осветительных устройств, позволяют констатировать, что вся энергия, подведенная к светильнику, в конечном счете превращается в тепло. Соответственно, количество тепла, выделяемого светильниками, определяется потребляемой электрической мощностью светильников. При этом следует помнить, что мощность потребляется комплектом «лампа-ПРА» и превышает номинальную мощность лампы.

В случае использования светильников с лампами высокого давления с электромагнитными балластами оценить суммарную потребляемую мощность можно, добавив к мощности лампы потери в балласте.

Мощность лампы, Вт	Потери в электромагнитном балласте, %
Лампы высокого давления	
Меньше 30	45
От 30 до 75	25
От 75 до 105	20
От 105 до 405	15
От 405 и более	10
Люминесцентные лампы	
18	40
36	17
58	12

Мощность лампы высокого давления, Вт	Потери в электронном балласте
35–150	9–10 Вт
250–600	6–8%

При оценке мощности тепловыделения светильников с ЛЛ с электронными балластами в расчетах можно использовать номинальную мощность люминесцентной лампы, например, в светильнике 2×58 мощность тепловыделения составит ориентировочно 116 Вт.

Еще одной особенностью, влияющей на оценку тепловыделения светильников, является их расположение в помещении. Распространенным случаем является размещение светильников в подшивном потолке. В этом случае, по данным справочного пособия, доли тепла, поступающего в помещение и надпотолочную зону помещения, для светильников с люминесцентными лампами определяются соотношением 0,6/0,4; для светильников с лампами накаливания – 0,85/0,15.

Бурное развитие светодиодов и появление нового класса ламп и светильников на их основе привело к необходимости введения новых законов, регулирующих данную область. Законы призваны способствовать использованию качественных и энергоэффективных источников света (ИС), полному информированию потребителя о технических характеристиках ИС и исключению недобросовестной конкуренции в данной области. Пакет документов уже принят в Европейском Союзе и Украине.

Технический регламент энергомаркировки ламп и светильников, принятый и введенный в действие Кабинетом Министров Украины в 2015г., разработан на основе Европейской Директивы - IM:874/2012 и устанавливает требования к классификации и маркировке светильников. Согласно указанным документам производитель должен определить класс энергоэффективности светильника и разместить данную информацию в официальных документах, доступных потребителю перед покупкой светильника.

Методика определения класса энергоэффективност
Классификация светильников по энергоэффективности основана на определении класса энергоэффективности источника света, который используется (или может быть использован) в светильнике и расчетов индекса энергоэффективности.

1. Классификация светильника со сменными лампами
Класс (классы) энергоэффективности в данном случае определяются классом энергоэффективности лампы, которую можно установить в светильник..

Таблица 1 – Класс энергоэффективности ламп

Лампа	Мощность, Вт	Класс энергоэффективности
Лампа накаливания	-	E
Галогенная лампа накаливания	-	B
		C
		D
Компактная люминесцентная лампа	-	A+
		A
		B
Люминесцентная лампа T5	-	A+
		A
Люминесцентная лампа T8	-	A
Натриевая лампа высокого давления	400; 600	A++
	70;150;250	A+
Металлогалогенная лампа	1000; 2000	A+
	150; 250; 400	A+
		A
	20;35;70	A+
		A
		B
Светодиодная лампа	-	A++
		A+
		A

Пример 1: Светильник LEADER UMS 70
Светильник предназначен для 2-х типов ламп мощностью 70 Вт: МГЛ и ДНаТ.
В соответствии с таблицей 1 выбираем тип источника света «Металлогалогенная лампа» и «Натриевая лампа высокого давления». В графе мощность выбираем «150», следовательно, для светильника LEADER UMS 70 класс энергоэффективности **B...A+**.
Таким образом - Светильник совместим с лампами класса энергоэффективности B, A, A+

2. Классификация светильника со встроенными СД
Класс энергоэффективности для светильников со светодиодными источниками света рассчитывается по методике, подробно описанной в национальном техническом регламенте энергетической маркировки ламп и светильников, гармонизированном с европейской директивой IM:874/2012.

Пример 2: Светильник DS LED
Светильник имеет светодиодный источник света, в соответствии с методикой определения классов энергоэффективности для LED рассчитывается параметр EEI (индекс энергоэффективности).

$$EEI = Pкор/Pбаз$$

где Pкор определяется в соответствии с таблицей 2:
Величина Pбаз зависит от светового потока источника света (Фисп) и определяется по формулам:

1.Если световой поток ИС менее 1300 лм,

$$Pбаз=0.88\sqrt{Фисп}+0.049Фисп$$

2.Если световой поток ИС больше либо равен 1300 лм,

$$Pбаз=0,07341Фисп$$

После расчета параметра EEI необходимо определить класс энергоэффективности светового прибора в соответствии с таблицей 3:

Таблица 2: Коррекция мощности по изделиям со сменным пускорегулирующим аппаратом

Сфера применения корректировки	Мощность, скорректированная на потери в пускорегулирующем аппарате ($P_{кор}$)
Лампы, которые работают с заменяемыми пускорегулирующими аппаратами для галогенных ламп	Рфакт x 1,06
Лампы, которые работают с заменяемыми пускорегулирующими аппаратами для светодиодных ламп	Рфакт x 1,10
Люминесцентные лампы диаметром 16 миллиметров (лампы Т5) и четырехштырьковые одноцокольные люминесцентные лампы, работающие с заменяемыми пускорегулирующими аппаратами для люминесцентных ламп	Рфакт x 1,10
Другие лампы, работающие с заменяемыми пускорегулирующими аппаратами для люминесцентных ламп	Рфакт x $\frac{0{,}24\sqrt{Фисп}+0{,}0103\ Фисп}{0{,}15\sqrt{Фисп}+0{,}0097\ Фисп}$
Лампы, работающие с заменяемыми пускорегулирующими аппаратами для разрядных ламп высокого давления	Рфакт x 1,10
Лампы, работающие с заменяемыми пускорегулирующими аппаратами для натриевых ламп низкого давления	Рфакт x 1,15

Таблица 3: Класс энергоэффективности ламп

Класс энергоэффективности	Индекс энергоэффективности (IEE) для ламп ненаправленного света	Индекс энергоэффективности (IEE) для ламп направленного света
A++ (наиболее эффективный)	IEE ≤ 0,11	IEE ≤ 0,13
A+	0,11 < IEE ≤ 0,17	0,13 < IEE ≤ 0,18
A	0,17 < IEE ≤ 0,24	0,18 < IEE ≤ 0,40
B	0,24 < IEE ≤ 0,60	0,40 < IEE ≤ 0,95
C	0,60 < IEE ≤ 0,80	0,95 < IEE ≤ 1,20
D	0,80 < IEE ≤ 0,95	1,20 < IEE ≤ 1,75
E (наименее эффективный)	IEE > 0,95	IEE > 1,75

С учетом технических характеристик светильника DS LED (световой поток, потребляемая мощность) параметр EEI будет равен 0,150706299. Данное значение соответствует классу энергоэффективности **A+**.
Таким образом - Светильник соответствует классу энергоэффективности A+

Пример 3: Светильник ROUND BLADE 10 4000K
Светильник имеет светодиодный источник света, в соответствии с методикой определения классов энергоэффективности для LED рассчитывается параметр EEI (energy efficient index). С учетом технических характеристик ROUND BLADE 10 4000K (световой поток, потребляемая мощность) параметр EEI будет равен 0,15963. Данное значение соответствует классу энергоэффективности **A+.**
Таким образом - Светильник соответствует классу энергоэффективности A+

Пример 4: Светильник FREGAT LED 55
Светильник имеет светодиодный источник света, в соответствии с методикой определения классов энергоэффективности для LED рассчитывается параметр EEI (energy efficient index). С учетом технических характеристик FREGAT LED 55 (световой поток, потребляемая мощность) параметр EEI будет равен 0,15915. Данное значение соответствует классу энергоэффективности **A+**.
Таким образом - Светильник соответствует классу энергоэффективности A+

Пример 5: Светильник K LED 300
Светильник имеет светодиодный источник света, в соответствии с методикой определения классов энергоэффективности для LED рассчитывается параметр EEI (energy efficient index). С учетом технических характеристик K LED 300 (световой поток, потребляемая мощность) параметр EEI будет равен 0,18661. Данное значение соответствует классу энергоэффективности **A**.
Таким образом - Светильник соответствует классу энергоэффективности A

Пример 6: Светильник RKL LED 38
Светильник имеет светодиодный источник света, в соответствии с методикой определения классов энергоэффективности для LED рассчитывается параметр EEI (energy efficient index). С учетом технических характеристик RKL LED 38 (световой поток, потребляемая мощность) параметр EEI будет равен 0,14235. Данное значение соответствует классу энергоэффективности **A+**.
Таким образом - Светильник соответствует классу энергоэффективности A+

Изображение **энергетической этикетки** с несъемными LED модулями для светильника OPTIMA PRS ECO LED 595 4000K с расчетным классом энергоэффективности A+ приведен на рис.1

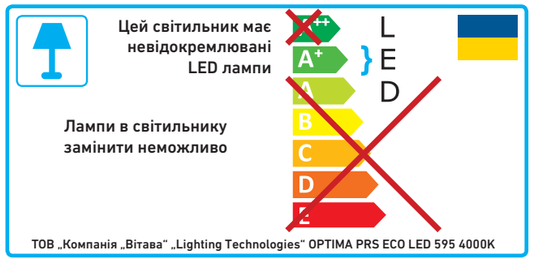


Рис.1 Вариант исполнения энергетической этикетки светильника OPTIMA PRS ECO LED 595 4000K

Пульсации освещенности

В настоящее время все больше внимания уделяется вопросам аттестации рабочих мест как в офисных пространствах, так и на территории промышленных предприятий. Одним из основных показателей качества освещения рабочего места является пульсация светового потока.

При питании осветительных приборов переменным током промышленной частоты они начинают пульсировать с частотой 100 Гц. Зрительно пульсация светового потока не воспринимается, но научно доказано, что на организм человека оказывается отрицательное воздействие световых колебаний. Во многих исследовательских центрах были проведены многочисленные испытания, результатами которых являются следующие научные заключения:

- пульсация неблагоприятно влияет на биоэлектрическую активность мозга, вызывая повышенную утомляемость;
- выявлено неблагоприятное влияние колебаний света на фоторецепторные элементы сетчатки (как палочки, так и колбочки), а также на функциональное состояние центральной нервной системы, что связано с развитием тормозных процессов и снижением лабильности нервных процессов;
- отмечается отрицательное воздействие пульсации света на работоспособность человека как при длительном пребывании в условиях пульсирующего освещения, так и при кратковременном, в течение 15-30 минут, а именно: появляется напряжение в глазах, усталость, трудность сосредоточения на сложной работе, головная боль.

Экспериментально установлено, что отрицательное действие пульсации на организм человека достаточно мало только при глубине пульсации не более 5-6% (при частоте 100Гц). При частоте колебаний света 300Гц и выше глубина пульсаций не имеет значения, так как на эту частоту мозг не реагирует.

Особенно опасна пульсация света при наличии в поле зрения человека движущихся или вращающихся объектов, так как в этом случае может возникнуть стробоскопический эффект, что создает повышенную опасность травматизма. Обычно стробоскопический эффект может иметь место, если глубина пульсации светового потока более 20%, но в ряде случаев, когда частота пульсации светового потока кратна частоте вращения или движения объекта, стробоскопический эффект может возникать даже при глубине пульсации, незначительно превышающей 5%.

В ДБН В.2.5-28 четко прописаны величины пульсаций освещенности, которые должны соблюдаться при выборе светильников для определенных типов помещений. Поскольку основным количественным параметром осветительных установок является нормированный уровень освещенности, в качестве критерия оценки глубины световых колебаний в осветительных установках, питаемых переменным током, принят коэффициент пульсации освещенности на рабочей поверхности, характеризующий ее глубину. Он равен отношению половины максимальной разности освещенности за период колебания к средней освещенности за период, выраженному в процентах. Именно этот параметр является нормируемой величиной.

Как правило решения, обеспечивающие соблюдение нормативных требований к освещению (как по количеству, так и по качеству), закладываются на стадии проектирования, следовательно, для того, чтобы грамотно спроектировать ОУ, нужно владеть информацией.

Параметр пульсации является очень важной технической характеристикой светильника, поэтому при выборе осветительных приборов очень важно обращать внимание и на него.

При составлении данной статьи использовались материалы из следующих источников:
1. Статьи научно-исследовательского института ОХРАНЫ ТРУДА в г. Иваново http://www.niiot.su/?option=com_content&view=article&id=46
2. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. С74 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак. – 972 с: ил.

Вопросы подтверждения качества и безопасности выпускаемой продукции занимают важное место в деятельности компании «Световые Технологии». В настоящее время деятельность компании в этой сфере осуществляется в соответствии с Законом Украины „О стандартах, технических регламентах и процедурах оценки соответствия". В соответствии с этим законом вся продукция (в течение всего жизненного цикла) и услуги компании удовлетворяют обязательным требованиям, а также требованиям, примененным к ним на добровольной основе.

Данные требования изложены в технических регламентах и стандартах. Подтверждение соответствия, т.е. документальное удостоверение соответствия продукции, может быть реализовано как в добровольном порядке, так и на обязательной основе. В последнем случае оно проводится в форме обязательной сертификации или декларирования соответствия. Обязательная сертификация осуществляется органом по сертификации на основании договора. Декларирование может базироваться на основании собственных доказательств или с привлечением, например, аккредитованной испытательной лаборатории или центра.

На сегодня система менеджмента качества, действующая на заводе, соответствует требованиям международного стандарта ISO 9001. Вся продукция компании «Световые Технологии» сертифицирована на соответствие ДСТУ EN 60598-1, который устанавливает общие требования к светильникам с электрическими источниками света напряжением не более 1000 В. Требования и соответствующие испытания по ДСТУ EN 60598-1 охватывают классификацию, маркировку, механические и электрические требования. Основной ассортимент продукции ТМ «Световые Технологии» проходит международную сертификацию в европейских испытательных центрах на соответствие стандарту EN 60598-1:2008 и маркируется знаком качества ENEC.

Растущий ассортимент светодиодных светильников, их специфические проблемы и только появляющаяся база стандартов в этом сегменте световых приборов заставляют наших разработчиков с особым вниманием подходить к тестированию, испытаниям и сертификации данного вида светильников.

В последние годы в Украине и за рубежом особое и все нарастающее внимание уделяется проблемам снижения энергопотребления осветительных устройств, их экологической безопасности и комфорту, создаваемому ими на проектируемых объектах. Все новые светильники ТМ «Световые Технологии», вводимые в ассортимент компании, обязательно проверяются на соответствие официальным регламентирующим документам. Прежде всего, Техническому регламенту по электромагнитной совместимости оборудования, Техническому регламенту низковольтного электрического оборудования и Техническому регламенту энергетической маркировки.

Международные стандарты BREEAM и LEED

Вместе с этим, все чаще потребителя интересует соответствие нашей продукции и характеристик светотехнических проектов стандартам, принятым в европейских странах и США. Прежде всего, сюда относятся признанные международные стандарты «зелёного домостроения» – BREEAM (www.breeam.org) и LEED (www.usgbc.org). Стандарты охватывают вопросы устойчивого развития и охраны окружающей среды и позволяют застройщикам и проектировщикам зданий реализовывать преимущества использования экоэффективных технологий при проектировании и строительстве зданий и сооружений. BREEAM стал первым экологическим стандартом в мире и был создан в 1990 году Научно-исследовательским институтом строительства в Великобритании BRE (Building Research Establishment).

BREEAM®

В свою очередь, LEED был создан Советом по экологическому строительству США в 1998 году специально для применения в странах Северной Америки, но сегодня активно используется в более чем 100 странах мира.

В данных стандартах большое внимание уделяется вопросам рационального внутреннего и наружного освещения, являющимся неотъемлемой частью при обеспечении «экологичности» и эффективного использования ресурсов. Так, например, в системе LEED из 40 пунктов сертификации 28 связаны с системами освещения.

В основе критериев стандартов лежит грамотное проектирование осветительной установки, удовлетворение нормируемым показателям освещенности, равномерность освещения, использование систем управления освещением. «Красной нитью» сквозь все требования BREEAM проходит энергоэффективность осветительной установки и отдельных светильников. В части требований к светильникам наружного освещения регламентируется световая отдача в зависимости от их назначения и индекса цветопередачи используемых ламп. Согласно стандарту BREEAM с целью повышения комфорта людей, пребывающих в помещении, необходимо использование ВЧ ПРА в светильниках с люминесцентными лампами, при этом основной целью является снижение пульсаций излучения. Кроме того, особо отмечается важность показателя дискомфорта в помещениях, где люди работают с компьютерами.

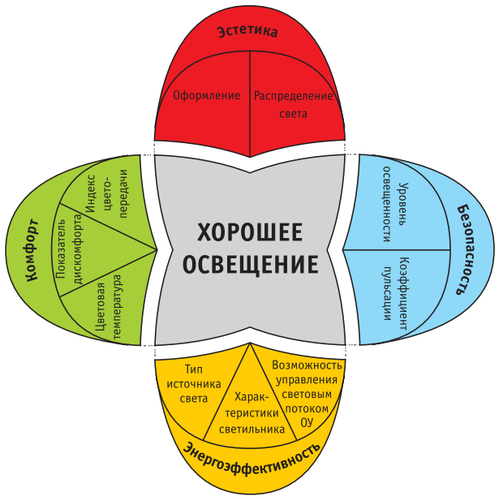
Система оценки LEED в требованиях к освещению направлена на создание благоприятной атмосферы внутри помещения зданий. Для наружного освещения подчеркивается важность проблемы светового загрязнения городской среды и эффективного использования световой энергии. Для обеспечения приемлемых показателей предлагается разрабатывать целостную концепцию освещения с использованием систем управления. Уход от ртутных источников света и использование «экологически чистых» светодиодных светильников предлагается как важный компонент защиты окружающей среды. В стандарте подчеркивается, что правильная концепция освещения и использование систем управления освещением позволит снизить затраты на электроэнергию до 80%.

С учетом нарастающих тенденций глобализации украинским проектировщикам и застройщикам следует уже сейчас пристально присмотреться к требованиям стандартов BREEAM и LEED и начать следовать этим полезным документам. Проектное подразделение компании «Световые Технологии» в своей практике уже руководствуется рекомендациями и нормами данных «зеленых» стандартов, тем более, что ассортимент светильников ТМ «Световые Технологии» позволяет реализовывать проекты любой сложности, удовлетворяющие самым жестким международным экологическим требованиям.

Критерии выбора светильников и примеры выполнения расчета освещенности

Проектирование осветительных установок (ОУ) является неотъемлемой частью работ по созданию проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений. Светотехнический проект включает две части: светотехническую и электротехническую. Центральное место в проектировании ОУ занимает светотехнический расчет, позволяющий определить тип, мощность, количество, месторасположение и ориентацию световых приборов, при которых обеспечиваются нормативные светотехнические требования к освещению объекта.

Гармонично реализованный светотехнический проект должен не только обеспечить освещение, удовлетворяющее нормируемым показателям, но и создать комфортные и безопасные условия, соответствовать выбранным направлениям эстетики и отвечать современным подходам к энергоэффективности ОУ. Рассмотрим вариант анализа характеристик объекта, требований к освещению, критериев выбора светильников, а также расчет осветительной установки на примере офисного помещения.



Выбор светильников

Для начала нужно определиться с типом потолка в помещении для того чтобы понять, каким образом фиксировать на нем осветительные приборы. Примем, что в нашем офисе установлены подвесные ячеистые потолки. Таким образом, для освещения данного офиса наиболее рационально использовать встраиваемые светильники.

Помещения данного типа не характеризуются повышенной влажностью и запыленностью, что позволяет использовать светильники со степенью защиты от пыли и влаги не более IP20.

Оптимальными источниками света для освещения офисов являются трубчатые или компактные люминесцентные лампы. Эти источники света обладают высокой световой отдачей, что позволяет добиться приемлемого значения расходуемой удельной мощности; большим сроком службы, что сокращает эксплуатационные расходы; а также относительно невысокой стоимостью.

Ведущие производители источников света рекомендуют использовать для освещения офисов люминесцентные лампы с цветопередачей не менее 80 единиц и цветовой температурой 3000–4000 К. Одним из наиболее важных качественных показателей освещения, является коэффициент пульсации. Для офисных помещений нормируемый коэффициент пульсации в соответствии с ДБН В.2.5-28 составляет не более 15%.

Наиболее простым и эффективным способом устранения пульсаций светового потока является использование светильников с электронной пускорегулирующей аппаратурой, которая обеспечивает стабильную генерацию светового потока на высокой частоте.

Еще одной из важнейших качественных характеристик освещения является слепящее действие осветительной установки. Для количественной оценки этого эффекта принят показатель дискомфорта (М). Данный показатель также регламентируется ДБН В.2.5-28. Для офисных помещений с компьютерами показатель дискомфорта должен быть не более 15.

В стандарте МКО оценка слепящего действия осветительной установки проводится по величине обобщенного показателя дискомфорта (UGR).

Таблица 1.
Взаимосвязь между UGR и показателем дискомфорта М

Для ограничения слепящего действия рекомендуется использовать светильники с экранирующими решетками, опаловыми или призматическими рассеивателями, а также светильники отраженного света.

Обобщая изложенное, приходим к следующему заключению: при освещении данного офиса целесообразно использовать встраиваемые светильники прямого или отражённого света для подвесного ячеистого потолка со степенью защиты от пыли и влаги IP20. Для сравнения проведем два расчета освещенности с использованием светильника с люминесцентными лампами и электронной пускорегулирующей аппаратурой и светодиодного светильника.

Давайте остановим свой выбор на светильниках PRS/R ECO LED и PTF/R, так как они отвечают всем вышеперечисленным требованиям, и приступим к расчету.

Расчет осветительной установки (ОУ)

Основным критерием, по которому определяется необходимое количество осветительных приборов, является нормируемый уровень освещенности. Этот показатель для офисного помещения по ДБН В.2.5-28 составляет 400–500 лк для расчетной плоскости на высоте 0,8 м от пола (высота рабочего стола).

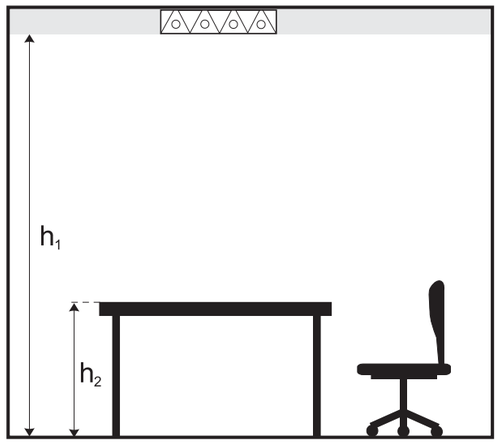
До недавнего времени базовым методом проектирования осветительной установки являлся метод коэффициентов использования, позволяющий вручную проводить все вычислительные процедуры при решении относительно простых светотехнических задач.

По этому методу необходимое количество светильников в ОУ определяется с помощью следующей формулы:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_з}{U \cdot n \cdot \Phi_л}$$

Остановимся подробнее на входящих в эту формулу величинах и найдем их значения для конкретной задачи.

Рис. 1. Схема помещения



S – площадь помещения

К примеру, помещение шириной 6,5 м, длиной 9 м и высотой 2,8 м.

$$S = a \cdot b = 9 \cdot 6{,}5 = 58{,}5\ м^2$$

где a – длина помещения, b – ширина.

U – коэффициент использования (в таблицах коэффициентов использования приведен к 100)

Данный коэффициент характеризует эффективность использования светового прибора в помещении. Для его определения необходимо знать индекс помещения φ и коэффициенты отражения стен, пола и потолка.

Рассчитываем индекс помещения:

$$\varphi = \frac{S}{(h_1 - h_2)\cdot(a+b)} = \frac{58{,}5}{(2{,}8-0{,}8)\cdot(9+6{,}5)} = 1{,}89 \approx 2$$

Из таблицы 2 выбираем коэффициенты отражения.

Таблица 2. Коэффициенты отражения

Цвет поверхности	Коэффициент отражения, %
Поверхность белого цвета	70–80
Светлая поверхность	50
Поверхность серого цвета	30
Поверхность темно-серого цвета	20
Темная поверхность	10

Примем, что коэффициенты отражения равны 50, 30, 10, и найдём коэффициент использования по таблице для светильника PRS/R ECO LED.

PRS/R ECO LED								
потолок	80	80	80	70	50	50	30	0
стены	80	50	30	50	50	30	30	0
пол	30	30	10	20	10	10	10	0
0,6	65	43	34	41	40	34	33	28
0,8	74	53	43	50	48	42	41	36
1,0	81	60	49	57	54	48	48	42
1,25	87	69	57	64	61	56	55	49
1,5	91	74	62	69	65	60	59	54
2,0	96	82	68	76	70	66	65	60
2,5	100	87	73	80	74	71	70	65
3,0	102	92	77	84	78	75	73	69
4,0	105	96	80	87	80	78	76	72
5,0	106	99	83	90	82	80	79	75

$K_з$ – коэффициент запаса

Подробную информацию по определению коэффициента запаса можно найти в справочной литературе и нормативных документах. Для простоты предлагаем определить его с помощью таблицы 3.

Таблица 3. Зависимость коэффициента запаса от типа помещения

Тип помещения	Коэффициент запаса
Помещения общественных и жилых зданий с нормальными условиями среды	1,4
Помещения общественных и жилых зданий пыльные, жаркие и сырые	1,7
Населенные пункты: тоннели, фасады зданий, памятники, транспортные тоннели	1,7
Населенные пункты: улицы, площади, дороги, территории жилых районов, парки, бульвары	1,6

E – нормируемая освещенность

Определяется по нормативным документам.

Фл – световой поток одной лампы в светильнике

n – количество ламп в светильнике

Для светодиодного светильника заменяем выражение $n \cdot Ф_л$ на $Ф_{св}$ – световой поток светильника. И, наконец, определяем требуемое количество светильников.

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_з}{U \cdot \Phi_{св}} = \frac{400 \cdot 58{,}5 \cdot 1{,}4}{0{,}66 \cdot 3200} = 15{,}51 \approx 16$$

Аналогичный расчет проведем для светильника PTF/R и получим количество светильников 12 шт.

Таким образом, для данного помещения ОУ должна состоять из 16 светильников PRS/R ECO LED или 12 светильников PTF/R 414 с равномерным распределением по поверхности потолка.

Недостатком данного метода является то, что приходится усреднять коэффициент отражения по поверхностям помещения. Также этот метод не позволяет произвести точный расчет освещенности в помещении сложной формы и не предоставляет возможности оптимизировать расположение светильников на потолке по целому ряду показателей.

Решение сложных задач, динамическое моделирование освещения, получение всеобъемлющих протоколов и визуализация выполненного проекта стали возможными благодаря компьютеризации вычислений по алгоритмам современных методов, использующих матрично-векторный аппарат.

В настоящее время для проектирования освещения используются разнообразные компьютерные программы.

Одной из самых популярных программ для решения задачи проектирования освещения на рынке программного обеспечения является DIALux. Программа разрабатывается и непрерывно совершенствуется с 1994 года Немецким Институтом Прикладной Светотехники (DIAL GmbH)

и учитывает все современные требования, предъявляемые к освещению самых различных объектов. Программа DIALux адресована всем, кто по роду своей деятельности связан с планированием освещения.

Использование DIALux позволяет:

- быстро и качественно рассчитывать проекты внутреннего и наружного освещения, а также проекты освещения автомобильных дорог;
- импортировать и экспортировать файлы форматов DWG, DXF и 3D модели;
- использовать в проектах встроенные и сторонние библиотеки объектов и текстур, которые позволяют повысить качество визуализации;
- получать фотореалистичное изображение смоделированной сцены с помощью интегрированного в программу трассировщика POV-Ray;
- создавать видеоролики для презентации проектов в формате AVI;
- формировать отчеты о результатах проделанной работы в виде файлов в формате PDF в течение нескольких минут.

Приведем два варианта расчета освещенности того же офисного помещения прямоугольной формы с теми же характеристиками в программе DIALux и сравним полученные результаты.

При использовании в проекте светильников PRS/R ECO LED (см. рис. 2) получаем среднюю освещенность 417 лк, при этом удельная мощность составляет 9,2 Вт/м^2. Программа DIALux позволяет также сразу рассчитать ослепленность, UGR в данном случае составляет менее 10, что соответствует требованиям нормативных документов. В итоге получаем, что для освещения данного помещения светильниками PRS/R ECO LED потребуется 15 штук, которые нужно расположить в три ряда по 5 светильников.

Для сравнения проведем еще один расчет освещенности этого помещения, но уже со светильниками PTF/R 414 (см. рис. 3). Потребовалось 12 светильников, которые расположены в три ряда по 4 светильника. Значение средней освещенности 460 лк и удельной мощности 11,49 Вт/м^2. UGR также в пределах нормы, меньше 10. Можно заметить, что с точки зрения удельной мощности установка со светодиодными светильниками более предпочтительна, однако уровни освещённости при использовании светильника с люминесцентными лампами – выше.

В этом и заключается гибкость компьютерного расчета освещенности – построив один раз модель помещения, мы получаем возможность проектировать различные ОУ и, сравнивая их, выбирать оптимальную. Занимает эта процедура существенно меньшее время по сравнению с расчетом по методу коэффициентов использования.

Помимо получаемых результатов распределения освещенности по помещению, программа предлагает также и расстановку осветительных приборов.

Рис. 2
Офис, освещение с помощью прибора PRS/R ECO LED, расставленный полем UGR < 10, $E_{ср}$ = 417 лк, удельной мощности 9,2 Вт/м^2

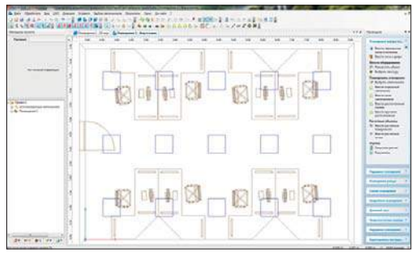
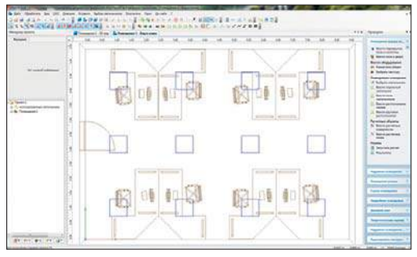


Рис. 3
Офис, освещение с помощью прибора PTF/R 414, расставленный полем UGR < 10, $E_{ср}$ = 460 лк, удельной мощности 11,49 Вт/м^2



Итак, подведем итог. Расчет по методу коэффициентов использования показал, что для освещения офисного помещения нам потребуется 13 светильников.

Расчет в программе DIALux показал не только количество светильников (12 шт.), но и их точное расположение. Причем, при пересчете на другой тип осветительного прибора нам удалось не только увеличить освещенность, но и сократить почти в два раза удельную мощность и уменьшить количество светильников до 8 штук.

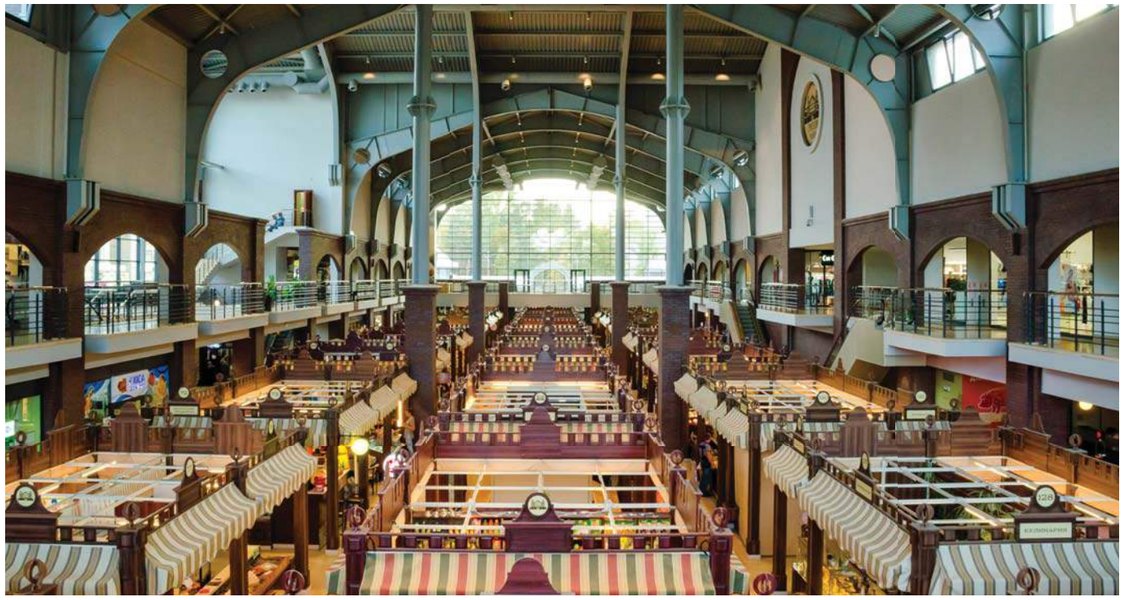
Тем не менее выбор того или иного метода остается за Вами. Если необходимо произвести расчет для помещения простой формы и требуется узнать только количество световых приборов, вполне приемлемым будет расчет методом коэффициентов использования. Если же помещение сложной формы, нужно рассмотреть несколько вариантов освещения и необходимо визуализировать сцену, то с помощью программы DIALux все эти задачи будут реализованы за короткое время и с высокой точностью.

Вы можете БЕСПЛАТНО получить на фирменном компакт-диске базу данных светильников торговой марки «Световые Технологии» и программу для расчета освещенности DIALux.

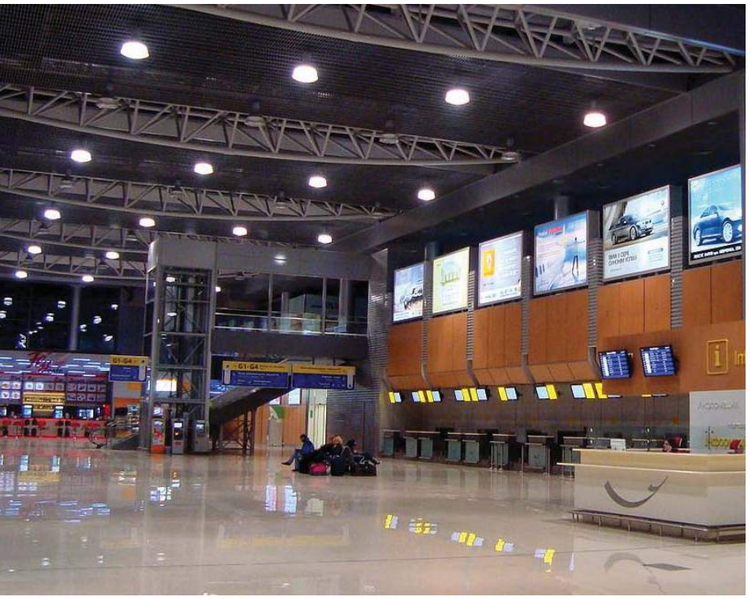
- DIALux можно установить с компакт-диска на свой компьютер и оценить простоту, удобство и эффективность работы с этим программным продуктом.
- Заказать компакт-диск Вы можете, отправив заявку по факсу +38 (044) 585 51 94 или по электронной почте catalogue@ltcompany.com.
- Данные для проектирования и модуль с базой данных светильников торговой марки «Световые Технологии» также находятся на сайте компании www.ltcompany.com в разделе «Техподдержка».
- Дополнительную информацию о программе DIALux Вы можете получить на сайте разработчика www.dialux.com.

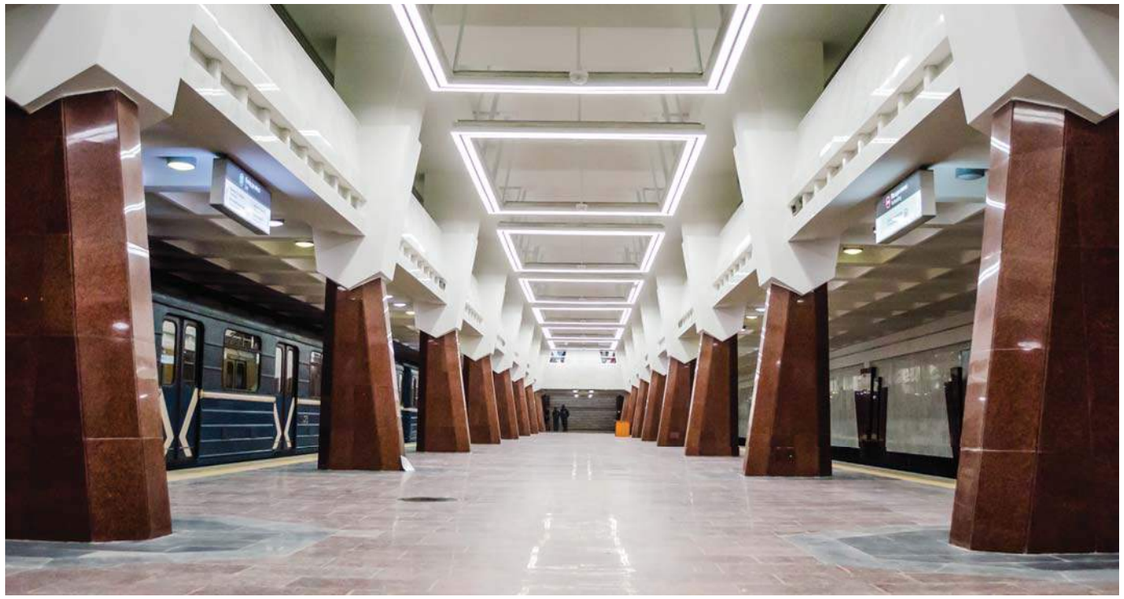
При составлении данного раздела использованы материалы: «Справочная книга по светотехнике» под редакцией д.т.н. профессора Айзенберга Ю.Б., каталоги фирм-изготовителей источников света и светового оборудования.

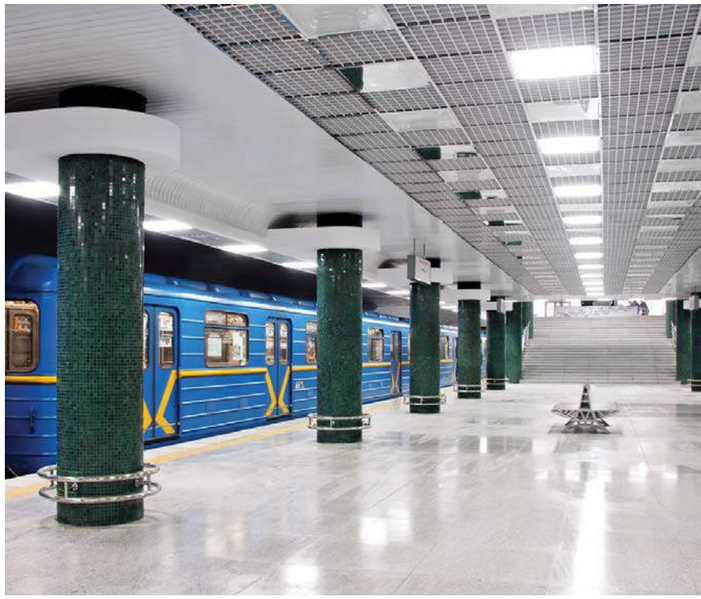
Реализованные проекты



Реализованные проекты







100

1004000340 146
1008000010 91
1008000020 91
1008000030 91
1008000260 91
1008000270 91
1008000370 91

101

1015001240 71
1015001260 71
1015001310 71
1015001390 71
1015001570 71
1015001580 71
1015001610 71
1015001660 71
1016000010 70
1016000020 70
1016000040 77
1016000070 77
1016000080 70
1016000090 70
1016000190 70
1016000200 70
1018000010 72
1018000020 72
1018000040 72
1018000050 72

102

1022000070 73
1022000090 73
1022000100 73
1025000380 66
1027000710 63
1027000730 63
1027000760 63
1027000800 63
1027000830 63
1027001210 63
1027001320 63
1028000130 62
1028000150 77
1028000240 62
1028000250 62
1028000260 62
1028000410 77
1028000450 77
1028000460 77
1028000480 77
1028000490 62
1028000550 62
1028000560 77
1028000730 77
1028000900 62
1028001070 62
1028001080 ..... 62, 308

103

1031000240 65
1031000420 65
1031000500 65
1031000550 65
1032000100 64
1032000120 77
1032000230 64
1032000240 64
1032000250 64
1032000340 64
1032000440 77
1032000640 64
1032000650 64

104

1041000300 87
1041000350 87
1041000730 87
1041000750 87
1041000780 87
1041000810 87
1041000830 87
1041001070 87
1041001080 87
1041001090 87
1042000010 86
1042000050 86
1042000060 86
1042000100 86
1044000010 89
1044000020 89
1044000030 89
1044000040 89
1048000060 88
1048000070 88
1048000080 88
1048000090 88

105

1050000010 75
1050000020 75
1050000030 75
1050000040 75
1057000430 83
1057000460 83
1057000480 83
1057000510 83
1057000530 83
1057000640 83
1057000690 83
1058000090 82
1058000170 82
1058000180 82
1058000190 82
1058000270 82
1058000310 82
1058000400 82
1059000350 85
1059000370 85
1059000390 85
1059000410 85
1059000460 85
1059000470 85

106

1060000100 84
1060000150 84
1060000160 84
1060000170 84
1060000200 84
1060000250 84
1060000340 84
1061000030 81
1061000500 81
1061000520 81
1061000540 81
1061000570 81
1061000590 81
1063000020 81
1063000050 81
1063000220 81
1063000380 81
1063000450 81
1063000490 81
1064000010 80
1064000030 80
1064000040 80
1065000140 79
1065000220 79
1065000280 79
1065000300 79
1065000320 79
1065000340 79
1065000490 79
1065000500 79
1066000010 78
1066000020 78
1066000030 78
1066000040 80
1066000050 78
1066000060 78
1066000150 78
1067000280 79
1067000350 79
1067000380 79
1068000030 80
1069000340 173
1069000420 173
1069002030 172
1069002050 172
1069002090 172
1069002200 172
1069002290 172
1069002330 172
1069002350 172
1069002580 172
1069005430 173
1069005480 173
1069005540 172
1069005590 173
1069005630 172
1069005780 173
1069005870 173
1069007520 173

107

1074000460 186
1074000470 185
1074000500 185
1074000520 185
1076000010 78
1076000020 78
1076000030 78
1076000040 78
1079000100 182
1079000110 182
1079000120 182
1079000270 182

108

1088000010 176
1088000020 176
1088000030 176
1088000040 175
1088000050 175
1088000060 175
1088000610 174
1088000620 174
1088000690 174

110

1100000010 229
1100000050 229
1100000110 227
1100000120 227
1100000160 229
1100000170 227
1100000180 229
1100000190 229
1100000200 229
1100000210 229
1100000220 229
1100000250 226
1100000260 226
1100000270 226
1100000280 226
1100000400 226
1100000410 226
1100000420 229
1100000430 229
1100000450 229
1100000460 229
1100000470 229
1100000480 229
1100000490 229
1100000500 229
1100000510 229
1100000520 229
1100000530 228
1100000540 228
1100000550 228
1100000560 229
1100000570 229
1100000580 229
1100000590 229
1100000600 229
1100000610 229
1100000620 229
1100000630 229
1100000640 229
1100000650 229
1100000660 229
1100000670 229
1100000680 229
1100000690 229
1100000700 229
1100000710 229
1100000720 229
1100000730 229
1100000740 228
1100000750 228
1100000760 228
1100000770 228
1100000780 228
1100000790 228
1100000800 228
1100000810 228
1100000820 228
1100000830 229
1100000840 229
1100000850 229
1100000860 229
1100000870 229
1100000880 229
1100000890 229
1100000900 229
1100000910 229
1100000920 229
1100000930 229
1100000940 229
1100000950 229
1100000960 229
1100000970 229
1100000980 229
1100000990 229
1100001000 229
1100001010 229
1100001020 229
1100001030 229
1100001040 229
1100001050 229
1100001060 229
1100001070 229
1100001080 229
1100001090 229
1100001100 229
1100001110 229
1100001120 229
1100001130 229
1100001140 229
1100001150 229
1100001160 229
1100001170 229
1100001180 229
1100100010 217
1100100020 217
1100100030 217
1100100040 217
1100100050 217
1100100060 217
1100100070 217
1100100080 217
1100200010 218
1100200020 218
1100200030 218
1100200040 218
1100200050 218
1100200060 218
1100200070 218

1100200080 218
1100300010 224
1100300020 224
1100300180 224
1100300190 224
1100300200 224
1100300210 224
1100300220 224
1100300230 224
1100300240 224
1100300250 224
1100300260 224
1100300270 224
1100400010 225
1100400020 225
1100400030 225
1100400040 225
1100500030 223
1100500040 223
1100800010 222
1100800020 222
1100800030 222
1100800040 222
1100800050 222
1100800060 222
1101600010 122
1101600030 122
1101600040 122
1101600050 122
1102000080 231
1102000090 231
1102000120 231
1102000140 231
1102000150 231
1102000160 231
1102000170 231
1102000180 231
1102000190 231
1102000210 231
1102000220 231
1102000250 231
1102000260 231
1102000270 231
1102000280 231
1102000290 231
1102000300 231
1102000310 231
1102000320 231
1102000330 231
1102000340 231
1102000350 231
1102000360 231
1102000370 231
1102000380 232
1102000390 232
1102000400 232
1102000410 232
1102000420 232
1102000430 232
1102000440 231
1102000450 231
1102000460 231
1102000470 231
1102000480 231
1102000490 231
1102000500 231
1102000510 231
1102000520 231
1102000530 231
1102000540 231
1102000550 231
1102200010 123
1102200020 123
1102200030 123
1102300010 134
1102300020 134
1102300030 134
1102300040 134
1102300050 134
1102300060 134
1102400010 283
1102400020 283
1102400030 283
1102400040 283
1102400050 283
1102400060 283
1102400070 283
1102400080 283
1102600010 92

111

1118000020 69
1118000060 77
1118000100 69
1118000130 69
1118000250 69,308

113

1133000020 95
1133000060 95
1134000010 95
1134000020 95
1134000030 95
1134000050 95
1134000070 95
1134000110 95
1138000040 60
1138000070 77
1138000090 77
1138000200 60
1138000230 60
1138000240 60
1138000470 60
1138000480 60
1138000550 60

114

1142000050 99
1142000060 99
1143000060 94
1143000240 94
1143000250 94
1144000020 94
1144000030 94
1144000080 94
1144000190 94,308
1145000010 100
1147000010 100

115

1156000070 163
1156000080 163
1156000090 163
1156000110 163
1156000120 163
1156000130 163
1156000150 163
1156000160 163
1156000170 163
1159000040 128
1159000060 128
1159000070 128
1159000080 128
1159000100 128
1159000110 128
1159000120 128
1159000140 128
1159000150 128
1159000160 128
1159000180 128
1159000190 128
1159000200 128
1159000220 128
1159000230 128

116

1166000050 77
1166000080 60
1166000140 60
1166000150 60
1166000180 60
1166000470 60
1166000480 60
1166000560 77
1166000720 61
1166000730 61
1166000740 61
1166000770 61
1166000780 61
1166000790 61

117

1170000220 118
1170000230 118
1170000480 118
1170000500 118
1170000510 118
1170000530 118
1170000760 116
1170000770 116
1170000780 116
1170000850 121
1170000860 121
1170000870 121
1170000880 121
1170000890 121
1170000940 120
1170000950 120
1170000960 120
1170000970 120
1170000980 120
1170001030 119
1170001040 119
1170001050 119
1170001060 119
1170001070 119
1170001080 119
1170001090 119
1170001100 119
1170001110 119
1170001120 119
1170001130 119
1170001140 119
1170001160 125
1170001170 125
1170001190 125
1170001210 127
1170001220 127
1170001230 127
1170001240 127
1170001250 127
1170001260 127
1170001270 126
1170001280 126
1170001290 126
1170001370 125
1170001800 117
1170001810 117
1170001820 117
1170001830 117
1170001840 117
1170001850 117
1170001860 117
1170001870 117
1170001880 117
1170001890 117
1170001900 117
1170001910 117
1170001930 117

118

1180000010 100
1182000010 153
1182000020 153
1182000040 153
1188000010 100

120

1204000010 67
1204000020 67
1206000250 323
1206000260 323
1206000270 323
1206000280 323
1206000290 323
1206000300 323
1206000310 323
1206000320 323
1206000330 323
1206000340 323

122

1222000020 129
1224001200 161
1224001210 161
1224001220 161
1224001470 160
1224001540 163
1224001800 163
1224001810 163
1224001820 163
1224001830 163
1224002140 160
1224002210 160
1224002450 163
1224002460 163
1224002470 163
1224002480 163
1229000170 59
1229000180 59
1229000190 59
1229000200 59

123

1232000010 103
1232000020 103
1232000030 103
1232000040 103
1232000050 103
1232000060 103
1232000070 103
1232000080 103
1232000090 103
1232000100 103
1232000110 103
1232000120 103
1232000130 103
1232000140 103
1232000150 103
1232000160 103
1235000220 289
1235000230 289
1235000240 289
1235000250 289
1235000320 289
1235000330 289
1235000340 289
1235000410 289
1235000420 289
1235000430 289
1235000440 289
1235000510 289
1235000520 289
1235000530 289
1235000540 289
1235000550 289
1235000630 290
1235000640 290
1235000650 290
1235000730 290
1235000740 290
1235000750 290
1235000830 290
1235000840 290
1235000850 290
1235000930 290
1235000940 290
1235000950 290
1235001020 291
1235001030 291

1235001040 291
1235001050 291
1235001060 291
1235001120 291
1235001130 291
1235001140 291
1235001150 291
1235001160 291
1235001220 292
1235001230 292
1235001240 292
1235001250 292
1235001260 292
1235001270 292
1235001280 292
1235001290 292
1237000030 296
1237000040 296
1237000070 296
1237000090 296
1237000100 296
1237000170 296
1239000030 296
1239000040 296
1239000050 296
1239000060 296

124

1246000010 282,308
1246000020 282
1246000030 282
1246000040 282
1246000050 282

125

1250000010 284
1250000020 284
1250000030 284
1250000040 284
1250000050 284
1250000060 284
1250000070 284
1250000080 284
1250000090 284
1250000100 284
1250000110 284
1250000120 284
1250000130 284
1250000140 284
1250000160 284
1250000170 284
1258000010 294
1258000030 294
1258000040 294
1258000070 294
1258000090 294
1258000220 294
1258000230 292
1258000240 292

127

1278000010 294
1278000030 294
1278000040 294
1278000070 294
1278000170 294
1278000240 294

129

1292000420 109
1292000430 109
1292000440 109
1292000450 109

130

1301001010 113
1303000520 115
1304000010 114
1305000610 111
1306000020 114
1306000030 114
1308000010 112
1308000020 112
1308000030 112

131

1310000020 110
1310000030 110
1310000040 110
1314000010 197
1314000020 197
1314000030 197
1314000040 197
1314000050 197
1314000060 197
1314000070 197
1314000080 197
1314000090 197
1314000100 197
1314000110 197
1314000120 197
1314000130 197
1314000140 197

132

1322000010 93
1322000020 93
1323000010 48
1323000020 48
1323000030 48
1323000040 48
1323000070 48
1323000100 48,308
1323000110 48,308
1324000120 49
1324000130 49
1324000140 49
1324000150 49
1324000160 49
1324000170 49
1324000180 49
1324000190 49
1324000200 49
1324000210 49
1328000010 145
1328000100 146
1328000140 145

133

1332000460 167
1332000470 167
1332000480 167
1332000520 167
1332000540 167
1334000280 169
1334000290 169
1334000300 169
1334000310 169
1334000320 169
1334000330 169
1334000340 169
1334000350 169
1334000360 169
1334000370 169
1334000380 169
1334000390 169
1334000400 169
1334000410 169
1334000420 169
1334000430 169
1334000600 170
1334000610 170

134

1340000010 187
1340000020 187
1340000030 187

135

1350000030 205
1350000040 205
1350000050 205
1350000060 205
1350000070 205
1350000080 205
1350000090 205
1350000100 205
1350000110 205
1350000120 205
1350000130 205
1350000140 205
1355000010 208
1355000110 209
1359000010 208
1359000050 208
1359000090 208
1359000210 209
1359000250 209
1359000290 209
1359000330 209
1359000370 209

136

1363000010 208
1363000110 209
1367000010 210
1367000020 210
1367000030 210
1367000040 210
1367000050 210
1367000060 210
1367000070 210
1367000080 210
1367000090 210
1367001010 210
1367001020 210
1367001030 210
1367001040 210
1367001050 210
1367001060 210
1367001070 210
1367001080 210
1367001090 210
1367001100 211
1367001110 211
1367001120 211
1367001130 211
1367001140 211
1367001150 211
1367001160 211
1367001170 211
1367001180 211
1367001190 211
1367001200 211
1367001210 211
1367001220 211
1367001230 211
1367001240 211
1367001250 211
1367001260 211
1367001270 211

137

1370000010 215
1372000050 148
1372000120 148
1372000170 147
1372000210 147
1372000240 147
1372000260 147
1372000370 147
1372000660 308
1373000020 150
1373000270 150
1373000280 150
1373001010 150
1373001030 150
1373001100 150
1373001120 150
1373001610 150
1373001640 150
1375000030 151
1375000090 151
1376000010 149
1376000050 149

138

1386000020 80
1386000030 80

139

1391000010 154
1391000020 154
1391000050 154
1391000110 154
1391000120 154
1391000140 154
1392000010 247
1392000020 247

140

1400000020 90
1403005390 219
1405000720 203
1405000840 203
1405000940 203
1405001020 203
1406000010 198
1406000020 198

141

1412000010 293
1412000240 293
1412000250 293
1412000920 293
1418000010 212
1418000020 212
1418000030 212
1418000090 212
1418000100 212
1418000110 212

142

1424000010 221
1424000020 221
1424000030 220
1424000040 220
1424000090 220
1424000100 221
1424000110 220
1424000120 221
1424000130 220
1426000010 195
1426000020 195
1426000040 195
1426000060 196
1426000070 196
1426000260 195
1426000320 195
1426000330 195
1426000340 207
1426000350 207
1426000360 207
1426000370 207
1426000380 207
1426000390 207
1426000420 195
1426000430 195
1426000440 195
1426000450 195
1427010120 204
1427010250 204

143

1437000010 135
1437000260 135
1437000270 135
1437000280 135
1437000290 135
1437000300 135

1437000310 135
1439000010 68
1439000030 68

144

1440000010 214
1440000020 214
1440000030 214
1440000040 214
1440000050 214
1440000060 214
1441000010 213
1441000020 213
1441000030 213
1442000050 293
1442000060 293
1442000290 293
1442000300 293
1443000010 97
1443000040 97
1444000010 137
1444000020 137
1444000030 137
1444000040 137
1444000050 137
1444000060 137
1444000070 137
1444000080 137
1444000090 137
1444000100 137
1444000110 137
1444000120 137
1445000010 136
1445000020 136
1445000030 136
1445000040 136
1445000050 136
1445000060 136
1445000070 136
1445000080 136
1445000090 136
1445000100 136
1445000110 136
1445000120 136
1449000010 164
1449000020 164
1449000030 164
1449000040 164
1449000050 164
1449000060 164
1449000070 164
1449000080 164
1449000090 165
1449000100 165
1449000110 165
1449000120 165
1449000130 165
1449000140 165
1449000150 165
1449000160 165
1449000170 165

146

1462000010 155
1466000010 50
1466000020 50
1466000030 50
1466000040 50
1466000050 50

147

1470000090 281
1470000100 281
1470000110 281
1470000230 281
1470000240 281
1470000250 281
1470000260 281
1470000270 281
1470000280 281
1470000290 281
1470000300 281
1470000310 281
1470000320 281
1473000030 57
1473000080 57
1473000180 55
1473000190 55
1473000200 55
1473000210 55
1473000300 55
1473000310 55
1473000370 55
1473000380 55
1473000910 57,308
1473001060 55,308
1474000020 56
1474000040 56
1474000050 56
1474000100 56
1474000110 56
1474000120 56
1474000130 56
1474000260 53
1474000270 53
1474000280 53
1474000290 53
1474000340 53
1474000350 53
1474000490 53
1474000500 53
1474000640 56
1474001030 53,308
1474001040 56,308
1477000830 57
1477000840 57

149

1490000010 171
1490000020 171
1490000040 171
1490000060 171
1490000070 171
1490000080 171
1490000090 171
1496000010 177
1496000020 177
1496000030 177

150

1502000600 240
1504000010 74
1504000020 74

153

1531000040 288
1531000050 288
1531000060 288

154

1542000060 295
1542000200 295
1542000220 295
1542000410 295
1542000500 295
1542000550 295

158

1583000010 204
1583000040 204

159

1596000090 297
1596000100 297
1596000110 297
1596000120 297
1596000130 297
1596000140 297
1596000150 297
1596000160 297
1596000170 297
1596000180 297
1596000190 297
1596000200 297
1596000210 297
1596000220 297
1596000230 297
1596000240 297
1597000010 96
1597000020 96
1598000200 183
1598000220 183
1598000280 184
1598000300 184
1598000460 106
1598000490 106
1598000510 106
1598000520 106
1598000550 106
1598000640 106
1598000720 104
1598000930 104
1598000940 104
1598000950 104
1598000960 104
1598000970 104
1598000980 104
1598000990 104
1598001310 104
1598001320 104
1598001330 104
1598001750 106
1598001760 106
1598001770 106

160

1601000010 132
1601000020 132
1601000030 132
1601000040 132
1601000050 132
1601000060 132
1601000070 132
1601000080 132
1601000090 132
1601000100 132
1601000110 132
1601000120 132
1601000130 132
1601000140 132
1601000150 132
1601000160 132
1601000170 132
1601000180 132
1604000010 219

163

1631000490 181
1631000660 181
1631000670 181
1631000730 181
1631001180 180
1631001220 180
1631001230 180
1631001640 179
1631001650 179
1631001660 179
1631001670 179
1631001680 179
1631001690 179
1631001700 179
1631001710 179
1631001720 179
1631001730 179
1631001740 179
1631001750 179
1631001820 179
1631001830 179
1631001840 179
1631001850 179
1632000150 51
1632000160 51
1632000170 51
1632000180 51
1632000200 51
1632000210 51
1637000070 216
1637000080 216
1637000100 216
1637000110 216
1637000130 216
1637000140 216
1637000280 216
1637000290 216

164

1640000010 130
1640000020 130
1640000030 130
1640000040 130
1640000050 130
1640000060 130
1640000070 130
1640000080 130
1640000090 130
1640000100 130
1640000110 130
1640000120 130
1640000130 130
1640000140 130
1640000150 130
1640000160 130
1640000170 130
1640000180 131
1640000190 131
1640000200 131
1640000210 131
1640000220 131
1640000230 131
1640000240 131
1640000250 131
1640000260 131
1640000270 131
1640000280 131
1640000290 131
1640000300 131
1640000310 131
1640000320 131
1640000330 131
1640000340 131
1640000350 131
1641000010 130
1647000010 200
1647000020 200
1647000040 200

165

1652000030 201
1652000040 201
1652000050 201
1652000060 201
1652000070 201
1652000080 201
1652000090 201
1652000100 201
1652000110 201
1652000120 201
1652000130 201
1659000010 124
1659000020 124

166

1666000010 159
1666000030 159

167

1670000010 98
1670000020 98
1670000030 98
1670000040 98

1670000050 98
1670000080 98
1671000030 108
1671000040 108
1678000030 279
1678000040 280
1679000010 202
1679000020 202
1679000030 202
1679000040 202
1679000050 202
1679000060 202
1679000070 202
1679000080 202

168
1680000010 194
1680000020 194
1680000030 194
1680000040 194
1680000050 194
1680000060 194
1680000130 194
1680000140 194
1680000150 194
1680000160 194
1680000170 194
1680000180 194
1681000010 199
1681000020 199
1684000270 206
1684000280 206
1684000290 206
1684000300 206
1684000310 206
1684000320 206
1684000330 206
1684000340 206
1684000350 206
1684000360 206
1684000370 206
1684000380 206
1684000390 206
1684000400 206
1684000410 206

169
1693000050 295
1693000080 295
1693000170 295
1693000190 295
1693000540 295
1693000550 295

170
1704000010 58
1704000060 58
1704000070 152
1704000160 58
1704000240 58
1704000270 58

206
2069000010 79
2069000330 ..... 172, 173,174,175,176

207
2077000010 182
2077000030 182

213
2135000040 96,240

217
2170000130 116,

222
2224000120 160,163

223
2230000010 93
2232000010 103
2232000020 103
2232000030 103
2232000040 103
2232000050 103
2232000060 103
2232000080 103
2232000100 103
2232000130 103

229
2292000110 109
2292000120 109
2292000150 109
2292000160 109

230
2301000010 113
2301000030 113
2301000110 113
2301000120 113
2301000150 113
2301000170 113
2301000190 ..... 111, 113,115
2301000200 ..... 111, 113,115
2301000210 ..... 91, 111,113,115
2301000220 ..... 91, 111,113,115
2301000230 ..... 91,1 11,113,115
2303000010 115
2303000110 115
2303000130 115
2303000150 115
2305000010 111
2305000120 111
2305000150 111
2305000180 111
2305000200 111

233
2334000010 168
2334000020 168

234
2340000010 187
2340000020 187
2340000030 187
2340000040 187

239
2398000010 287
2398000020 287
2398000030 287
2398000040 287
2398000050 287
2398000060 287
2398000070 285
2398000080 286
2398000090 285
2398000100 286
2398000110 285
2398000120 286
2398000130 285
2398000140 286
2398000150 286
2398000160 285
2398000180 285,286
2398000190 286
2398000200 285
2398000210 286

242
2426000010 195
2426000220 195

245
2451000010 82,84

247
2471000010 56
2471000020 56
2471000090 57
2471000100 57
2473000010 55
2473000020 55
2473000060 53,55
2473000070 53,55
2473000080 53,55
2473000090 53,55
2473000100 53,55
2474000060 53
2474000070 53
2477000020 55

250
2501000010 257
2501000020 257
2501001070 266
2501001080 266
2501002010 256
2501002150 256
2501002160 265
2501002170 256
2501002180 256
2501002190 256
2501002200 256
2501002230 256
2501002240 258
2501002250 258
2501002260 258
2501002270 260
2501002280 260
2501002290 260
2501002300 262
2501002310 262
2501002320 262
2501002330 264
2501002340 264
2501002350 266
2501002370 264
2501002380 265
2501002410 239,257
2501002420 266
2501002430 266
2501002450 256
2501002460 256
2501002470 256
2501002500 265
2501002540 253
2501002550 259
2501002910 248,257
2501003130 ..... 242, 243,244
2502000010 259
2502000020 259
2502000030 263
2502000040 263
2502000050 265
2502000060 267
2502000070 258
2502000080 258
2502000090 262
2502000100 262
2502000110 264
2502000130 267
2502000140 267
2502000150 259
2502000160 259
2502000170 259
2502000180 263
2502000190 263
2502000200 265
2502000210 267
2502000220 258
2502000230 258
2502000240 258
2502000250 262
2502000260 262
2502000270 264
2502000280 266
2502000290 258
2502000300 258
2502000430 259
2502000440 263
2502000450 265
2502000460 267
2502000470 267
2502000480 259
2502000490 259
2502000500 259
2502000520 265
2502000540 261
2502000560 261
2502000580 263
2502000590 265
2502000640 260
2502000650 260
2502000660 260
2502000670 262
2502000680 264
2502000690 259
2502000710 259
2502000780 263
2502000790 265
2502000800 267
2502000810 261
2502000820 261
2502000830 261
2502000840 263
2502000850 260
2502000860 260
2502000870 260
2502000880 262
2502000890 261
2502000910 261
2502000920 263
2502000930 265
2502000940 264
2502000950 265
2502000980 259
2502001030 263
2502001050 265
2502001060 265
2502001080 259
2502001090 266
2502001100 266
2502001110 266
2502001120 266
2502001130 266
2502001140 266
2502001180 259
2502001200 261
2502001260 265
2502001290 265
2502001310 267
2502001330 267
2502001400 265
2502001640 258
2502001690 262
2502001700 264
2502001710 264
2502001720 262
2502001730 264
2502001740 264
2502001850 259
2502001860 259
2502001870 259
2502001880 261
2502001890 261
2502001900 261
2502001910 263
2502001920 263
2502001930 263
2502001940 263
2502001950 265

2502001960 265
2502001970 265
2502001980 265
2502001990 267
2502002000 267

259
2598000040 183,184
2598000050 183,184
2598000060 183,184
2598000120 105,107
2598000130 105,107
2598000150 107
2598000160 107
2598000170 107
2598000190 107
2598000240 105
2598000290 105
2598000300 105
2598000310 105

261
2617000010 51
2617000020 51
2617000060 51

263
2631000110 180,181

267
2671000010 108
2671000020 108
2671000030 108
2671000050 108
2671000060 108
2671000070 108

270
2704000010 58

290
2901000110 ..... 111, 113,115
2905000150 ..... 62, 63,64,65,66,70,71,72,73, 149,150
2909002630 139
2909002650 138
2909002660 138
2909002670 138
2909002680 138
2909002690 138
2909002700 138
2909002710 138
2909002720 138
2909002730 138
2909002740 138
2909002750 138
2909002760 138
2909002890 139
2909002900 139
2909002910 139
2909002920 139
2909002930 139
2909002940 139
2909002950 139
2909002960 139
2909002970 139
2909002980 139
2909002990 139
2909003000 139
2909003010 139
2909003020 139
2909003030 139
2909003040 139
2909003050 139
2909003060 139
2909003070 139
2909003080 139
2909003090 139
2909003160 139
2909003170 139
2909003180 139
2909003190 139
2909003200 139
2909003210 139
2909003220 139
2909003230 139
2909003240 139
2909003250 139
2909003260 139
2909003270 139
2909003280 139
2909003290 139
2909003300 139
2909003310 139
2909003320 139
2909003390 139
2909003400 139
2909003410 139
2909003540 139
2909003580 139
2909003590 139

291
2911000020 327

299
2995000020 .. 96,240,334
2995000030 81,334
2995000040 ..... 80,81,82 , 83. 84,85,86,87,88,90,334
2995000050 334
2995000060 334
2995000070 334

402
4025000020 66

434
4349000010 168

450
4501003010 250
4501005010 255
4501005020 255
4501005030 255
4501005040 255
4501005050 255
4501005060 255
4501005070 255
4501005080 255
4501005090 255
4501006320 256
4501006390 246
4501006400 246
4501006410 244
4501006420 244
4501006430 242
4501006440 242
4501006990 257
4501007060 246
4501007090 244
4501007120 242
4501007330 238
4501007340 238
4501007350 249
4501007600 255
4501007670 238
4501007730 253
4501007940 251
4501008010 251
4501008060 254
4502000010 243
4502000020 243
4502000030 243
4502000040 243
4502001110 241
4502001210 241
4502001310 241
4502002110 241
4502002210 241
4502002310 241
4502002320 243
4502002330 243
4502002340 241
4502002370 239
4502002420 241,268
4502002430 243,268
4502002470 239
4502002520 248
4502002530 248
4502002540 248
4502002560 242,268
4502002770 249
4502002790 238
4502002860 249
4502002920 239
4502002930 239
4502002950 239
4502002960 239
4502003180 242
4502003190 242
4502003200 245
4502003210 245
4502003220 244
4502003230 244
4502003280 241
4502003290 241
4502003300 241
4502003310 241
4502003320 241
4502003330 241
4502003400 245
4502003410 245
4502003420 241

490
4901000010 58

491
4911000140 328
4911000150 328
4911000160 328
4911000170 329
4911001530 331
4911002660 331
4911002670 331
4911004190 329
4911004200 328
4911004220 329
4911004240 320
4911004310 313
4911004320 314
4911004420 322
4911004570 320
4911004590 321
4911004830 321
4911004840 312
4911004850 312
4911004860 312
4911004870 312
4911004880 312
4911004900 312
4911004980 313
4911005020 313
4911005130 335
4911005140 335
4911005150 335
4911005160 335
4911005220 314
4911005230 314
4911005280 314
4911005350 327
4911005670 314
4911005680 315
4911005720 314
4911005730 315
4911005740 314
4911005780 314
4911005790 315
4911005800 314
4911006030 327
4911006110 327
4911006130 327
4911006140 327
4911006150 327
4911006160 315
4911006180 315
4911006190 315
4911006200 315
4911006260 314
4911006270 314
4911006340 315
4911006350 315
4911006360 315
4911007030 330
4911007040 330
4911007050 330
4911007060 330
4911007070 329

591
5911000070 331
5911000100 331

650
6501000040 254
6501000330 253
6501000370 253
6501000400 253
6501000530 251
6501000540 251