

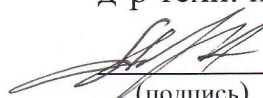
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н. П. ОГАРЁВА»

Институт электроники и светотехники

Кафедра источников света

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой
д-р техн. наук, доц.


(подпись) А. А. Ашрятов
« 18 » 06 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДНЫХ
ФИЛАМЕНТНЫХ ЛАМП РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ В
ТЕЧЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ**

Автор бакалаврской работы


(подпись)

06.06.2020
(дата)

Е. С. Шичавин

Обозначение бакалаврской работы БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20

Направление 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Руководитель работы

ст. преп.


(подпись)

06.06.2020
(дата)

Н. П. Нестеркина

преп.


(подпись)

06.06.2020
(дата)

В. Г. Куликов

Нормоконтролер
ст. преп.


(подпись)

06.06.2020
(дата)

Н. П. Нестеркина

Саранск

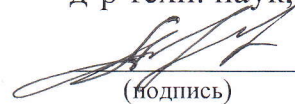
2020

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н. П. ОГАРЁВА»

Институт электроники и светотехники
Кафедра источников света

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой
д-р техн. наук, доц.

 А. А. Ашрятов
(подпись)

« 31 » 10 2019 г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

(в форме бакалаврской работы)

Студент Шичавин Евгений Сергеевич

1 Тема «Исследование характеристик светодиодных филаментных ламп различных производителей в течение срока службы»

Утверждена приказом № 8727-с от 31 октября 2019 г.

2 Срок представления работы к защите 11 июня 2020 г.

3 Исходные данные для научного исследования (проектирования):
светодиодные филаментные лампы различных производителей.

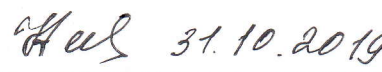
4 Содержание выпускной квалификационной работы.


4.1 Обзор конструкций светодиодных филаментных ламп.

4.2 Анализ характеристик светодиодных филаментных ламп различных производителей.

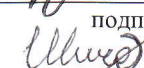
4.3 Проведение экспериментальных исследований светодиодных филаментных ламп.

Руководители работы

 31.10.2019 Н. П. Нестеркина

 31.10.2019 В. Г. Куликов

Задание принял к исполнению

 31.10.2019
подпись, дата

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 75 страниц, 56 рисунков, 25 использованных источников.

**СВЕТОДИОД, ФИЛАМЕНТ, ИЗЛУЧЕНИЕ, КОНСТРУКЦИЯ,
СВЕТОДИОДНАЯ ФИЛАМЕНТАЯ ЛАМПА, ДРАЙВЕР, ЦОКОЛЬ.**

Объектом исследования являются светодиодные филаментные лампы различных производителей.

Целью бакалаврской работы является исследование характеристик светодиодных ламп различных производителей в течение срока службы.

В результате работы были рассмотрены принцип действия и конструкция светодиодов, особенности конструкции светодиодных филаментных ламп, их преимущества и недостатки.

Выполнены экспериментальные исследования светодиодных филаментных различных производителей:

- определено время стабилизации характеристик ламп;
- измерены электрические, световые и цветовые характеристики ламп;
- выявлена степень соответствия исследованных характеристик ламп значениям, заявленным производителем
- проведены испытания на продолжительность горения.

Степень внедрения – частичная.

Область применения – в учебном процессе и в качестве критериев выбора светодиодного источника для целей освещения.

Эффективность проведенных экспериментальных исследований определяется возможностью снижения затрат на электроэнергию при использовании светодиодных филаментных ламп в осветительных установках взамен ламп накаливания.

					БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Исследование характеристик светодиодных филаментных ламп различных производителей в течение срока службы	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Шичавин	<i>Шичавин</i>	06.06.20				
Провер.		Нестеркина	<i>Нестеркина</i>	06.06.20			3	75
Реценз.						ИЭС, каф. ИС, д\о, 412		
Н. Контр.		Нестеркина	<i>Нестеркина</i>	06.06.20				
Утверд.		Ашрятов	<i>Ашрятов</i>	18.06.20				

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Современное состояние развития светодиодных источников света	7
1.1 История развития, преимущества светодиодных источников света	7
1.2 Конструкции светодиодных ламп	10
2 Конструкция и основные отличия светодиодных филаментных ламп от обычных светодиодных ламп	14
2.1 Технология Chip on Glass	14
2.2 Особенности конструкции светодиодных филаментных ламп	17
2.3 Источник питания для светодиодных филаментных ламп	19
2.4 Достоинства и недостатки светодиодных филаментных ламп	21
3 Анализ характеристик светодиодных филаментных ламп различных производителей	23
4 Экспериментальные исследования светодиодных филаментных ламп различных производителей	29
4.1 Основные характеристики выбранных объектов исследования	29
4.2 Определение времени стабилизации параметров светодиодных филаментных ламп	32
4.3 Измерение электрических параметров и светового потока	38
4.4 Измерение распределения силы света исследуемых образцов ламп	40
4.5 Исследование зависимости мощности и светового потока исследуемых образцов ламп от колебания напряжения сети	43
4.6 Проведение испытаний на продолжительность горения	51
4.7 Измерение спектров излучения исследуемых образцов ламп	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	70
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	73

					БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		4

ВВЕДЕНИЕ

Люди более века используют электричество для освещения. На протяжении развития светотехники создавались различные источники света.

В настоящее время много работ по полупроводниковым светодиодам, ставшими источниками света, которые производятся в промышленных масштабах для самых разных применений. Светодиоды эффективны, имеют малые размеры и длительный срок службы. В последнее время они стали рассматриваться как самые перспективные источники света для осветительных приборов.

О светодиодах опубликовано много статей, сделаны тысячи докладов на конференциях, написаны сотни диссертаций, патентов и научных отчетов, изданы десятки брошюр и несколько книг. Все это обусловлено бурным развитием физики и технологии светодиодов – важнейшего направления в современной полупроводниковой электронике и оптоэлектронике, широко применяющегося в промышленности и обещающего новые применения в ближайшем будущем.

Целью бакалаврской работы является исследование характеристик светодиодных филаментных (СДФ) ламп производителей Feron, FORZA, Osram, Rev, Uniel.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ современного состояния развития полупроводниковых источников света;
- провести анализ конструкций и характеристик СДФ ламп зарубежных и отечественных компаний;
- исследовать электрические и светотехнические параметры СДФ ламп различных производителей;
- исследовать пространственное светораспределение СДФ ламп;
- провести испытания на продолжительность горения;

					БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		5

– провести анализ результатов исследования СДФ ламп и выбрать лучшие с целью рекомендации для использования в светильниках для освещения бытового помещения.

Научная новизна бакалаврской работы – это результаты сравнительных экспериментальных исследований СДФ ламп различных производителей, анализ соответствия результатов измеренных характеристик значениям, заявленным производителем, проведение испытаний на продолжительность горения.

					БР – 02069964 – 11.03.04 –17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		6

1 Современное состояние развития светодиодных источников света

Светодиодные источники света основаны на эффекте свечения полупроводников (диодов) при пропускании через них электрического тока. Малые размеры, экономичность и долговечность позволяют изготавливать на основе светодиодов любые световые приборы. В наши дни светодиоды занимают значительную долю рынка источников света и используются во многих областях.

1.1 История развития, преимущества светодиодных источников света

Первое сообщение об излучении света твёрдотельным диодом было сделано в 1907 году британским экспериментатором Генри Раундом из Marconi Company. Примечательно, что эта компания впоследствии стала частью General Electric и существует по сей день.

В 1923 году Олег Владимирович Лосев в Нижегородской радиолaborатории показал, что свечение диода возникает вблизи *p-n*-перехода. Полученные им два авторских свидетельства на «Световое реле» (первое заявлено в феврале 1927 г.) формально закрепили за Россией приоритет в области светодиодов, утраченный в 1960-гг. в пользу США после изобретения современных светодиодов, пригодных к практическому применению.

В 1961 году Роберт Байард и Гари Питтман из компании Texas Instruments открыли и запатентовали технологию инфракрасного светодиода.

В 1962 году Ник Холоньяк в компании General Electric разработал первый в мире практически применимый светодиод, работающий в световом (красном) диапазоне.

					БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		7

В 1972 году Джордж Крафорд (студент Ника Холоньяка), изобрёл первый в мире жёлтый светодиод и улучшил яркость красных и красно-оранжевых светодиодов в 10 раз.

В 1976 году Т. Пирсол создал первый в мире высокоэффективный светодиод высокой яркости для телекоммуникационных применений, изобретя полупроводниковые материалы, специально адаптированные к передачам через оптические волокна. Hewlett-Packard запустил производство светодиодов с желтым, красно-оранжевым, желто-зеленым свечением.

Дж. Панковым были созданы светодиоды, излучающие фиолетовый и синий свет, однако срок их службы был настолько мал, что промышленного применения они не нашли.

Уже в середине 1980-х годов светодиоды массово производились в СССР, западных странах, Японии и Китае. Их стали применять в качестве самостоятельных осветительных приборов (карманные фонарики), монтировать в автомобили и пр.

В 1991 году японский физик Ш. Накамура изобрел долговечный светодиод (рисунок 1), излучающий в синем диапазоне видимого спектра, положив начало производству современных светодиодных RGB (red, green, blue) экранов и энергосберегающих ламп, поскольку смешение красного, зеленого, голубого свечения дают мощный поток белого света.

					БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		8

Конструкция мощного (от 1 Вт) светодиода

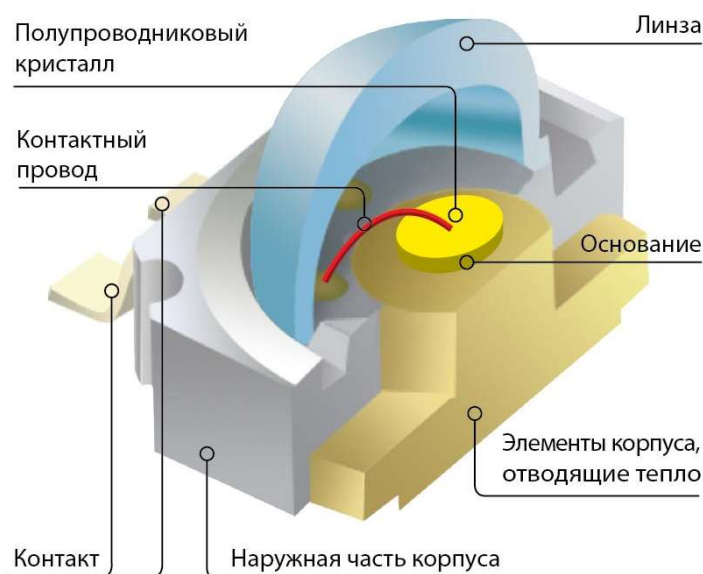


Рисунок 1 – Конструкция светодиода

К преимуществам светодиодных ламп можно отнести:

- высокий КПД;
- высокая механическая прочность, вибростойкость (отсутствие спирали и иных чувствительных составляющих);
- длительный срок службы, более 40 тыс. часов;
- малые размеры;
- безопасность — не требуются высокие напряжения;
- нечувствительность к низким и очень низким температурам.

Однако, высокие температуры противопоказаны светодиоду, как и любым полупроводникам;

- отсутствие ядовитых составляющих (ртуть и др.) и, следовательно, лёгкость утилизации;

Основные недостатки светодиодов:

					БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		9

– высокой стоимостью, так, например, отношение цена/люмен у сверхъярких светодиодов в 50-100 раз больше, чем у обычной лампы накаливания;

– светодиоду необходим постоянный номинальный рабочий ток. Из-за этого появляются дополнительные электронные компоненты, повышающие себестоимость системы освещения в целом;

– относительно низкая предельная температура: мощные осветительные светодиоды требуют внешнего радиатора для охлаждения, потому что имеют конструкционно неблагоприятное соотношение своих размеров к выделяемой тепловой мощности (они слишком маленькие) и не могут рассеять столько тепла, сколько выделяют (несмотря даже на более высокий КПД, чем у ламп прочих видов).

На сегодняшний день специалисты сходятся во мнении, что за светодиодами ближайшее будущее в освещении. Более эффективной и практичной технологии в настоящее время не существует.

Учитывая возрастающую потребность человечества в искусственном освещении можно предположить, что появятся и новые, более эффективные технологии. Но придут они уже на замену светодиодам еще не скоро [13].

1.2 Конструкции светодиодных ламп

Светодиодный источник света состоит из нескольких элементов, соединенных в одном корпусе. Это цоколь, драйвер, радиатор, светодиод и светорассеивающая колба [7].

Светодиоды – главный рабочий элемент лампы. За счет работы диода и появляется свечение.

Принцип работы светодиодных ламп основан на физических процессах в полупроводниках. Свечение появляется после прохождения электрического

					БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		10

тока через границу соприкосновения двух полупроводников (n и p), в одном из которых должны преобладать отрицательно заряженные электроны, а в другом – положительно заряженные ионы. Стоит отметить, что данные материалы пропускают ток только в одну сторону.

При его прохождении носители заряда осуществляют рекомбинацию – электроны переходят на другой энергетический уровень. В результате появляется видимое глазу световое излучение. Кроме свечения происходит еще и выделение тепла, которое отводится от светодиода при помощи радиатора (рисунок 2).

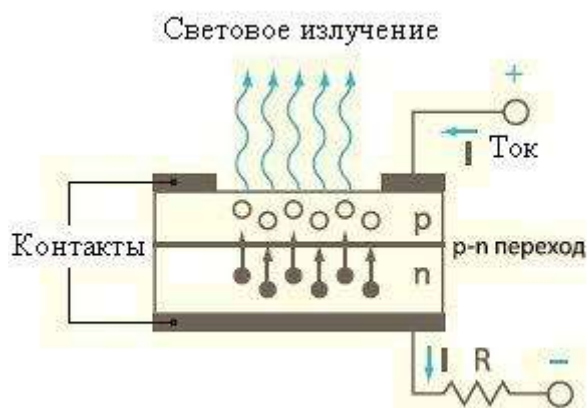


Рисунок 2 – Схема появления оптического излучения в LED-элементе

Рассеиватель – прозрачный «колпак», который помогает распределять свет в пространстве. Изготавливается в виде полусферы для рассеивания пучков света под широким углом. В качестве материала применяют поликарбонат или пластик. Кроме этого рассеиватель предотвращает попадание внутрь корпуса пыли и влаги. Для смягчения резкости света и уменьшения раздражающего влияния на глаза этот элемент изнутри покрывают люминофором. При этом достигается цветовая температура, аналогичная естественному освещению.

Радиатор – элемент, который отводит тепло от светодиодов и обеспечивает для них оптимальный температурный режим работы. Обычно

он составляет видимую часть корпуса осветительного прибора. Радиатор может изготавливаться из различных материалов: от дорогой керамики до дешевого пластика. Алюминиевые и композитные материалы занимают среднюю нишу: они достаточно бюджетны и качественно отводят тепло.

Драйвер – элемент, который стабилизирует поступающее напряжение, преобразуя переменный ток в постоянный. Также он обеспечивает питание светодиода. Драйвер состоит из микросхем, импульсного трансформатора, конденсаторов. В недорогих LED изделиях драйвер может отсутствовать. Вместо него применяется простой блок питания, не обеспечивающий стабилизации тока и напряжения. Также драйвер не устанавливают в миниатюрных лампочках из-за нехватки места внутри корпуса.

Цоколь – элемент, который вкручивается в патрон люстры или другого светильника. Чаще всего для бытового применения выпускают резьбовой цоколь типа E27 и E14. Он изготовлен из латуни с никелевым антикоррозийным покрытием. Для других нужд выпускаются источники света со штырьковым цоколем [7].

Существует множество вариантов конструкции светодиодных ламп, есть по форме напоминающие лампы накаливания, в форме свечи и, так называемая, "кукуруза", есть спот лампы и линейные (для замены люминесцентных ламп). По типу использованных светодиодов, есть лампы с индикаторными светодиодами, есть лампы на SMD светодиодах, есть лампы на COB светодиодах и филаментах (рисунок 3) [5].

					БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		12



Рисунок 3 – Конструкции светодиодных ламп

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата

БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20

Лист

13

2 Конструкция и основные отличия светодиодных филаментных ламп от обычных светодиодных ламп

Первые филаментные лампы были созданы в 2008 году японской компанией «Ushio», по внешнему виду лампы неотличимы от ламп накаливания.

Лампы получили название Filament LED от английского слова Filament, в переводе означающее «нить накаливания». В русском языке сначала появился термин «светодиодные лампы накаливания» затем «светодиодные филаментные лампы» – СДФЛ.

Первоначально СДФЛ выпускались только для декоративных целей, их световой поток был недостаточен для общего освещения. Поэтому за пределами Японии они не получили известности. Прорыв произошел в 2013 году, когда несколько китайских компаний одновременно представили мощные СДФЛ для общего освещения, эквивалентные по световому потоку лампам накаливания мощностью до 60 Вт.

В технической терминологии слово «filament» означает «нить накаливания». Поэтому в России постепенно входит в обиход словосочетание «филаментная лампа» [13].

2.1 Технология Chip on Glass

Chip-on-Glass (COG) (рисунок 4) – это технология прямого монтажа перевернутых кристаллов на стеклянные подложки при помощи анизотропной токопроводящей пленки (ACF). Чаще всего технология COG применяется для монтажа микросхем драйверов столбцов (SD-Source Driver) в технологии TFT, например, в ЖК, органических светодиодных (OLED) и плазменных дисплеях, а также в электронной бумаге (e-ink) и концептах 3D-

					БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		14

технологий, которые применяются в бытовой технике (в телевизорах, ноутбуках, электронных книгах, видео- и цифровых камерах и т.д.).

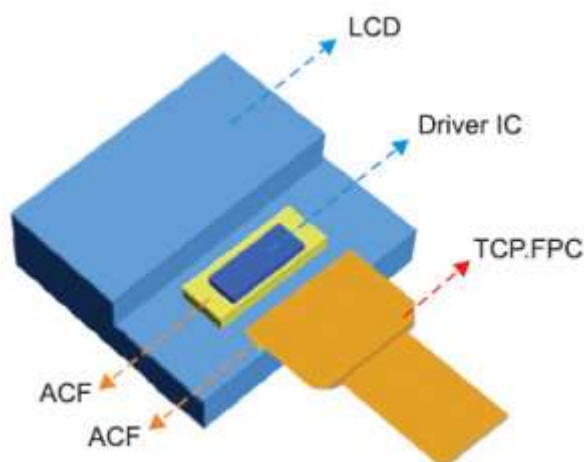


Рисунок 4 – Технология COG

Монтаж методом перевернутого кристалла имеет особые преимущества для интегральных схем с высокой степенью интеграции. Метод этот экономичен, надежен с точки зрения термических и механических напряжений, допускает возможность автоматизации процесса, делает возможной сборку многих интегральных схем на обычной подложке и обеспечивает очень высокую степень сложности функционального устройства. Наконец, появляется такое преимущество как ремонтпригодность. Дефектная интегральная схема на том же месте может быть легко заменена исправной. Легкость осуществления такой замены в значительной степени определяется металлами, образующими верхний уровень в многослойной структуре, жесткий вывод и слой металлизации на подложке, к которой присоединяется интегральная схема.

При монтаже методом перевернутого кристалла микросхема не имеет корпуса, а непосредственно устанавливается на печатную плату без герметизирующего покрытия. В связи с отсутствием корпуса, место, занимаемое интегральной схемой, может быть минимизировано, так же как и

размеры самой печатной платы. Эта технология уменьшает область монтажа и лучше подходит для протекания высокоскоростных и высокочастотных сигналов.

Кроме того, одно из главных преимуществ COG – минимальная толщина элементов при минимальном энергопотреблении – открывает возможности создания сверхлегких и сверхмалых аналогов тех предметов, которые уже давно стали частью нашего обихода, но в более громоздком варианте [4].

Светодиодный филамент (рисунок 5) – это стеклянный стержень прямоугольного или круглого сечения, на котором установлены миниатюрные кристаллы светодиодов методом COG (Chip-on-Glass).

Основанием филамента служит стеклянная или сапфировая подложка с вплавленными в него по торцам электродами. Диаметр стандартного стержня составляет 2 мм, длина – 30 мм.

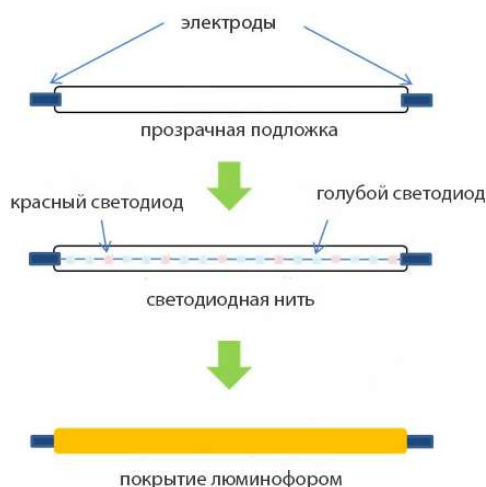


Рисунок 5 – Конструкция филамента

Вдоль стержня закреплено последовательно соединенных 28 светодиодных миниатюрных кристаллов синего и красного цветов излучения. Сверху светодиоды покрыты слоем люминофора, который корректирует спектр.

Мощность филамента составляет около 1 Вт, напряжение, необходимое для свечения составляет около 60 В. Рабочий ток около 16 мА.

Цветовая температура СДФЛ варьируется от 2700 до 6000 К.

2.2 Особенности конструкции светодиодных филаментных ламп

Светодиодная филаментная лампа – это искусственный источник света, в котором световая энергия вырабатывается нитевидным элементом, называемым филаментом (filament), состоящим из множества включенных последовательно светодиодных кристаллов.

Филаменты в лампах размещают в герметичную стеклянную колбу, но они успешно могут работать и на открытом воздухе, что позволяет из них делать оригинальные самодельные светильники. Если посмотреть на филаментную лампу издали, то по внешнему виду она очень похожа на привычную нам лампу накаливания – та же стеклянная запаянная колба с резьбовым цоколем. Однако внутри работает филаментная лампа по принципу светодиодной лампы (рисунок 6).



Рисунок 6 – Конструкция светодиодной филаментной лампы

Иногда в конструкции дополнительно присутствует основание цокольной части.

Так как вместить широтно-импульсный модулятор (ШИМ) в цоколе стандартного образца практически невозможно, в качестве источника питания используют примитивные электронные схемы. Тем не менее, производители мирового уровня стараются монтировать в цоколе СДФЛ полноценный драйвер, обеспечивающий стабильное питание светодиодов.

Стоит отметить, что лампы одного производителя, но разной мощности и под разные цоколи будут отличаться качеством драйвера и его схемотехникой. Причин этому несколько. Во-первых, внутри цоколя E27 больше пространства, чем внутри E14. Значит, в нем можно вместить простейший стабилизатор и сглаживающий конденсатор. Во-вторых, от количества последовательно включенных филаментов зависит напряжение их питания, что создает дополнительные трудности при использовании цоколя малых размеров [14].

Проблема нехватки места под драйвер успешно решается некоторыми производителями путём увеличения цокольной части, а именно, установкой пластиковой окантовки между цоколем и колбой. За счет пластикового кольца появляется дополнительное пространство под сглаживающий конденсатор и более объемную схему драйвера.

Светодиодные нити работают на токе, меньше максимального допустимого, поэтому кристаллы светодиодов не перегреваются. Температура *p-n* перехода в рабочем состоянии колеблется около 60°C.

Лампы передовых фирм наполнены смесью инертных газов, основным компонентом которой является гелий, которая имеет высокую теплопроводность. Именно газ служит проводником тепла между филаментами и тонким стеклом колбы. Эффективности данного метода достаточно, чтобы избежать перегрева светоизлучающих кристаллов.

					БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		18

Но, как и в любой конструкции, в СДФ лампе не всё так гладко. Потому что присутствует ещё один источник тепла — драйвер. Отсутствие радиатора не позволяет быстро рассеивать теплоту. К тому же малый объём цоколя сильно препятствует охлаждению. Получается, что элементы драйвера – самое слабое звено всей системы. Судя по отзывам пользователей, именно блок управления становится причиной чрезмерного мерцания и поломки изделия. А для качественного драйвера, обеспечивающего минимум пульсаций и стабильность, нужны дорогостоящие радиоэлементы [9].

2.2 Источник питания для светодиодных филаментных ламп

Неотъемлемой частью любой качественной лампы или светильника на светодиодах является источник питания – драйвер.

Применительно к освещению, под понятием «драйвер» следует понимать электронную схему, которая преобразует входное напряжение в стабилизированный ток заданной величины.

Функциональность драйвера определяется шириной диапазона входных напряжений, возможностью регулировки выходных параметров, восприимчивостью к перепадам в питающей сети и эффективностью. От перечисленных функций зависят качественные показатели светильника или лампы в целом, срок службы и стоимость. Все источники питания (ИП) для светодиодов условно разделяют на преобразователи линейного и импульсного типа. Линейные ИП могут иметь узел стабилизации по току или напряжению. Часто схемы такого типа радиолюбители конструируют своими руками на микросхеме LM317. Такое устройство легко собирается и имеет малую себестоимость. Но, ввиду очень низкого КПД и явного ограничения по мощности подключаемых светодиодов, перспективы развития линейных преобразователей ограничены. Импульсные драйверы могут иметь КПД более 90% и высокую степень защиты от сетевых помех.

					БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		19

Их мощность потребления в десятки раз меньше мощности, отдаваемой в нагрузку. Благодаря этому они могут изготавливаться в герметичном корпусе и не боятся перегрева. Первые импульсные стабилизаторы имели сложное устройство без защиты от холостого хода. Затем они модернизировались и, в связи с бурным развитием светодиодных технологий, появились специализированные микросхемы с частотной и широтно-импульсной модуляцией.

Данное устройство несет функции преобразования входного напряжения сети, например, ~220 В квартирной или 12 В автомобильной сети в оптимальную величину питания каждой последовательной группы.

Подвод одного стабилизированного тока к каждому кристаллу по параллельной схеме технически сложен и применяется в редких случаях. Работа драйвера может проводиться на основе трансформаторной или иной схемы. Среди них распространены следующие варианты. В зависимости от конфигурации и количества примененных элементов они могут быть разными (рисунок 7).

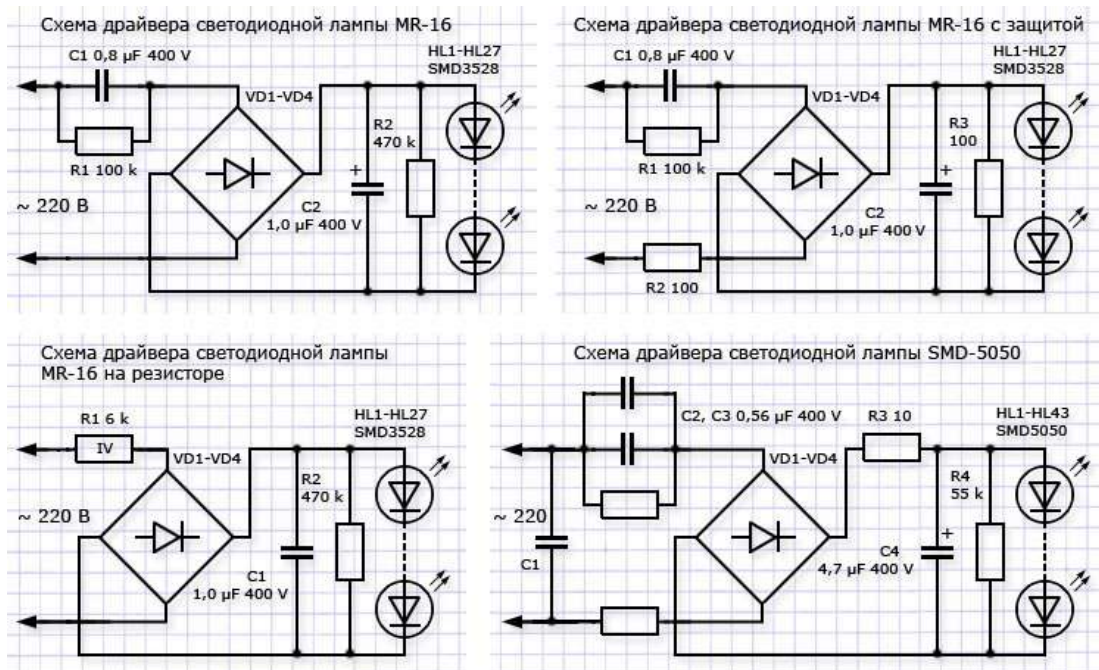


Рисунок 7 – Схемы драйверов

Самые простые и дешевые драйверы рассчитаны на питание от стабилизированного напряжения, сеть которого защищена от бросков и импульсов перенапряжений. У них даже может отсутствовать токоограничивающий резистор в выходной цепи питания, что характерно для аккумуляторных фонариков, светодиоды которых зачастую подключены непосредственно к выходу АКБ [11].

2.3 Достоинства и недостатки светодиодных филаментных ламп

Достоинства СДФ ламп:

- внешний вид напоминает лампы накаливания, которые имели во все времена огромный спрос;
- значительная экономия электроэнергии и, как следствие, сокращение расходов на её оплату;
- отличная совместимость со всеми потолочными светильниками: как старого, так и нового производства;
- очень низкий порог пульсации освещенности, что прекрасно сказывается на восприятии такого света органами зрения человека;
- разнообразие оттенков светового потока по цвету: дневной, тёпло-белый, холодно-белый (в зависимости от качества люминофора и его равномерности);
- не используется сложная система распределения света, дающая равномерное освещение;
- производство не требует дополнительных мощностей на перенастройку оборудования;
- внушительный срок службы энергосберегающих ламп (в пределах 50 тысяч часов работы);
- возможность регулировать степень освещенности при помощи диммера;

					БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		21

- утилизируется как бытовой отход;
- не вредит окружающей среде.

К недостаткам СДФ ламп относятся:

- небольшое место под расположение драйвера, что влечёт за собой использование более простой конструкции драйвера, имеющего повышенный показатель пульсации (иногда применяется миниатюрный драйвер, который имеет высокую цену);
- хрупкость колбы, в которой находится филамент;
- малая известность фирм, специализирующихся на выпуске подобного вида светодиодных ламп [15].

					БР – 02069964 – 11.03.04 –17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		22

3 Анализ характеристик светодиодных филаментных ламп различных производителей

На рынке в продаже присутствуют различные варианты конструкции светодиодных филаментных ламп, как по форме лампы, так и по расположению и конструкции филаментов. Есть лампы грушевидной формы, есть шарообразной, есть эллипсоидной, есть свечеобразной и другие. Различные варианты конструкций светодиодных филаментных ламп представлены на рисунке 8.

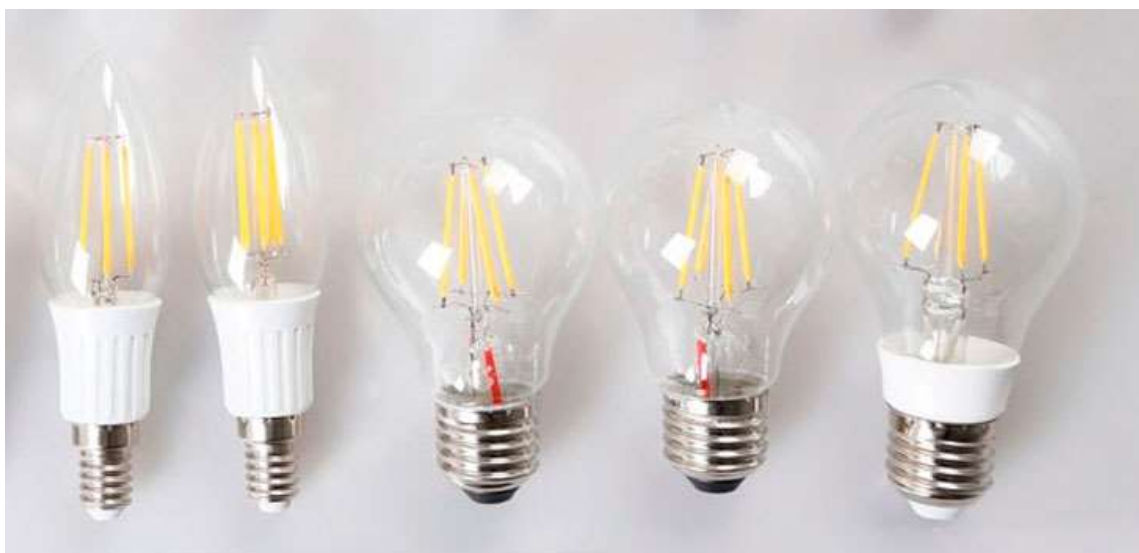


Рисунок 8 – Различные виды конструкции светодиодных филаментных ламп

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата

БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20

Лист

23

Качественные светодиодные филаментные лампы на российском рынке предлагают как ведущие зарубежные фирмы, так и отечественные производители.

Лисма – хорошее качество от местного производителя. Стоимость ниже, чем у импортных ламп, гарантия 2 года. Стандартный ассортимент форм – шар, свеча, груша с цоколями E27 и E14(рисунок 9,10).



Тип колбы: А60
 Тип цоколя: E27
 Цветовая температура, К: 2700
 Мощность, Вт: 7
 Напряжение, В: 230
 Световой поток, лм: 780
 Срок службы, ч: 30 000

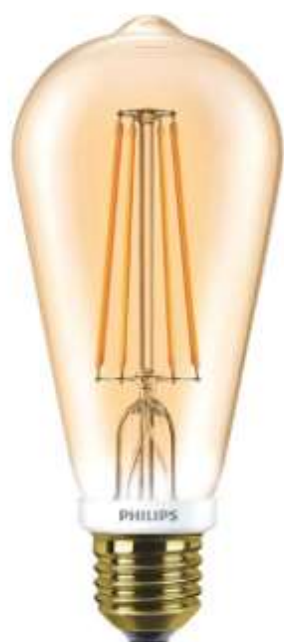
Рисунок 9 – Светодиодная филаментная лампа «Лисма»



Тип колбы: А45
 Тип цоколя: E27
 Цветовая температура, К: 2700
 Мощность, Вт: 5
 Напряжение, В: 230
 Световой поток, лм: 410
 Срок службы, ч: 30 000

Рисунок 10 – Светодиодная филаментная лампа «Лисма»

Philips – качество бренда не подлежит сомнению, проверено временем и потребителями. В ассортименте есть лампы формы шара, свечи, груши, так же есть фигурные колбы в виде сердца, колокольчика, алмаза с цоколями E27 и E14 (рисунок 11,12).



Тип цоколя: E27
 Цветовая температура, К: 2700
 Мощность, Вт: 7
 Напряжение, В: 230
 Световой поток, лм: 720
 Срок службы, ч: 15 000

Рисунок 11 – Светодиодная филаментная лампа Philips



Тип колбы: A50
 Тип цоколя: E27
 Цветовая температура, К: 2700
 Мощность, Вт: 7
 Напряжение, В: 230
 Световой поток, лм: 780
 Срок службы, ч: 30 000

Рисунок 12 – Светодиодная филаментная лампа Philips

Osram – немецкий производитель осветительного оборудования с безупречной репутацией. Выпускает стандартный ассортимент ламп, имеющих форму шара, свечи, груши. Поставляет в продажу диммируемые лампы, стоимость которых выше, чем у обычных осветительных устройств (рисунок 13,14).



Тип цоколя: E14
 Цветовая температура, К: 2700
 Мощность, Вт: 4
 Напряжение, В: 220
 Световой поток, лм: 420
 Срок службы, ч: 15 000

Рисунок 13 – Светодиодная filamentная лампа Osram



Тип колбы: A60
 Тип цоколя: E27
 Цветовая температура, К: 2700
 Мощность, Вт: 7
 Напряжение, В: 220
 Световой поток, лм: 806
 Срок службы, ч: 15 000

Рисунок 14 – Светодиодная filamentная лампа Osram

Руслед – российская компания средней цены и качества товара. Выпускает, так называемые, лампы Томича. Срок службы ниже, чем у импортных брендов и составляет 15000 часов. Лампы имеют низкую пульсацию от 1 до 2 % и доступны по цене. Выпускает лампы с цоколями E27 и E14, стандартный ассортимент форм – шар, свеча, груша (рисунок 15,16).



Тип колбы: A50
 Тип цоколя: E27
 Цветовая температура, К: 2700
 Мощность, Вт: 4
 Напряжение, В: 220
 Световой поток, лм: 430
 Срок службы, ч: 30 000

Рисунок 15 – Светодиодная филаментная лампа Руслед



Тип колбы: B35
 Тип цоколя: E14
 Цветовая температура, К: 4000
 Мощность, Вт: 5
 Напряжение, В: 220
 Световой поток, лм: 405
 Срок службы, ч: 15 000

Рисунок 16 – Светодиодная филаментная лампа Руслед

Maxus – украинский производитель, один из признанных лидеров. Широкий ассортимент форм – шар, свеча, груша, колокольчик, есть лампы, как под декор, так и для освещения с цоколями E27 и E14. Товар отличается высоким качеством, доступной ценой, гарантией в 36 месяцев. Также бренд выпускает лампы с диммером (рисунок 17,18) [15].



Тип цоколя: E14
 Цветовая температура, К: 4000
 Мощность, Вт: 5
 Напряжение, В: 220
 Световой поток, лм: 520
 Срок службы, ч: 15 000

Рисунок 17 – Светодиодная филаментная лампа Maxus



Тип цоколя: E27
 Цветовая температура, К: 4000
 Мощность, Вт: 4
 Напряжение, В: 220
 Световой поток, лм: 320
 Срок службы, ч: 30 000

Рисунок 18 – Светодиодная филаментная лампа Maxus

4 Экспериментальные исследования светодиодных филаментных ламп различных производителей

4.1 Объекты исследования

Для проведения экспериментальных исследований в торговых точках г. Саранска были приобретены светодиодные филаментные лампы различных производителей следующих типов:

- Feron LB-57 A60 E27 7W 2700K – Россия [17];
- REV LED A60 E27 7W 2700K – Германия [23];
- Uniel AirDIM A60 E27 7W 3000K – Россия [24];
- OSRAM Led Retrofit Classic A60 E27 7W 2700K – Германия [21];
- FORZA PLUS A60 E27 7W 2800K – Китай [18].

На рисунках 18 – 22 представлены внешний вид лампы и упаковки.



Тип колбы: A60
Тип цоколя: E27
Цветовая температура, К: 2700
Мощность, Вт: 7
Напряжение, В: 220
Световой поток, лм: 740
Срок службы, ч: 30 000

Рисунок 18 – Лампа светодиодная филаментная
Feron LB-57 A60 E27 7W 2700K



Тип колбы: А60
 Тип цоколя: E27
 Цветовая температура, К: 2700
 Мощность, Вт: 7
 Напряжение, В: 220
 Световой поток, лм: 730
 Срок службы, ч: 30 000

Рисунок 19 – Лампа светодиодная филаментная
 REV LED A60 E27 7W 2700K



Тип колбы: А60
 Тип цоколя: E27
 Цветовая температура, К: 3000
 Мощность, Вт: 7
 Напряжение, В: 220
 Световой поток, лм: 700
 (диммируемая)
 Срок службы, ч: 30 000

Рисунок 20 – Лампа светодиодная филаментная
 Uniel AirDIM A60 E27 7W 3000K



Тип колбы: А60
 Тип цоколя: E27
 Цветовая температура, К: 2700
 Мощность, Вт: 7
 Напряжение, В: 220
 Световой поток, лм: 806
 Срок службы, ч: 30 000

Рисунок 21 – Лампа светодиодная филаментная OSRAM Led Retrofit Classic A60 E27 7W 2700K



Тип колбы: А60
 Тип цоколя: E27
 Цветовая температура, К: 2800
 Мощность, Вт: 7
 Напряжение, В: 220
 Световой поток, лм: 770
 Срок службы, ч: 30 000

Рисунок 22 – Лампа светодиодная филаментная FORZA PLUS A60 E27 7W 2800K

4.2 Измерение времени стабилизации характеристик исследуемых ламп

Измерения проводились в МГУ им. Н. П. Огарева на стенде компании «ГалСен». Стенд укомплектован аппаратурой, приведенной в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень аппаратуры

Обозначение блоков	Наименование	Тип ГалСен®	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.5	~ 220 В / 10 А
A1	Регулируемый автотрансформатор	318.2	~ 0...240 В / 2 А
A2	Электророзетка с заземляющими контактами	2308	~ 220 В / 16 А
A3	Фотометрический блок	537	~ 220 В / 100 Вт
P1	Блок мультиметров	508.2.1	3 мультиметра 0...1000 В / 0...10 А / 0...20 МОм
P2	Измеритель параметров однофазной сети	542	0...500 В / 0...5 А / 2500 ВА
P3	Пульсметр - люксметр	1422	1...100 % / 10...200000 лк

Электрическая схема включения и измерения параметров представлена на рисунке 23.

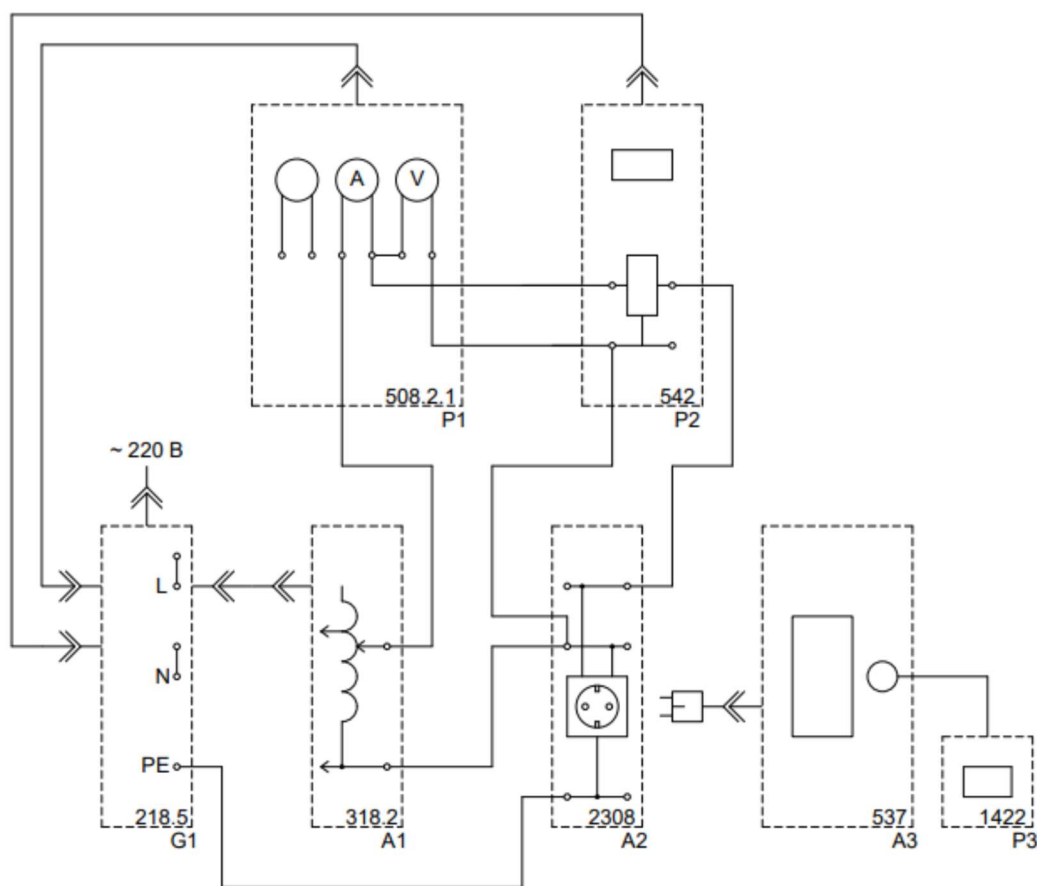


Рисунок 23 – Схема электрических соединений для определения времени стабилизации электрических параметров и светового потока исследуемых образцов ламп

Все испытания были проведены в помещении при отсутствии сквозняков и температуре окружающей среды $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха не более 65%. Напряжение питающей сети: $(220 \pm 22)\text{ В}$, частота тока 50 Гц.

На первом этапе было проведено исследование характеристик ламп в период стабилизации. Время стабилизации – время горения лампы, необходимое для стабилизации электрических и световых параметров светодиодных ламп согласно ГОСТ [1].

Характеристики исследуемых образцов ламп в период стабилизации представлены в таблицах 2-4.

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата

Таблица 2 – Результаты измерений электрических характеристик ламп Feron и Rev в период стабилизации

Лампы	LB-57 (Feron)				LED-7 (REV)			
	t, мин	I, А	Pл, Вт	Ф, лм	Кп, %	I, А	Pл, Вт	Ф, лм
0	0,022	5,451	711	0,1	0,020	5,050	655	0,3
1	0,022	5,376	688	0,1	0,020	5,025	622	0,3
2	0,022	5,353	681	0,1	0,020	4,977	613	0,3
3	0,022	5,342	677	0,1	0,020	5,034	606	0,3
4	0,022	5,333	677	0,1	0,020	5,005	604	0,3
5	0,022	5,324	673	0,1	0,020	5,028	602	0,3
6	0,022	5,321	670	0,1	0,020	5,071	600	0,3
7	0,022	5,319	670	0,1	0,020	5,048	600	0,3
8	0,022	5,316	668	0,1	0,020	5,025	600	0,3
9	0,022	5,316	665	0,1	0,020	4,985	600	0,3
10	0,022	5,316	665	0,1	0,020	4,985	600	0,3

Таблица 3 – Результаты измерений электрических характеристик ламп Osram и Uniel в период стабилизации

Лампы	LED STAR-7 (OSRAM)				AIRDIM-7 (Uniel)			
	t, мин	I, А	Pл, Вт	Ф, лм	Кп, %	I, А	Pл, Вт	Ф, лм
0	0,023	5,859	720	0,3	0,021	4,888	519	100,0
1	0,023	5,824	686	0,3	0,021	4,980	506	105,1
2	0,024	5,882	674	0,3	0,021	5,008	503	64,3
3	0,024	5,886	668	0,7	0,021	5,037	503	65,4
4	0,024	5,864	665	1,0	0,021	5,037	501	63,5
5	0,024	5,885	663	1,3	0,021	5,047	499	63,5
6	0,024	5,919	663	1,8	0,021	5,031	497	63,5
7	0,024	5,864	661	2,1	0,021	4,988	493	63,6
8	0,024	5,910	659	2,2	0,021	5,023	491	63,6
9	0,024	5,972	659	2,2	0,021	5,031	497	63,7
10	0,024	5,972	659	2,2	0,021	5,032	497	63,7
11	0,024	5,972	659	2,2	0,021	5,031	497	63,7

Таблица 4 – Результаты измерений электрических характеристик лампы FORZA в период стабилизации

Лампа	PLUS-7 (FORZA)			
	t, мин	I, А	P _л , Вт	Φ, лм
0	677	0,3	655	0,3
1	638	0,3	622	0,3
2	627	0,3	613	0,3
3	620	0,3	606	0,3
4	616	0,3	604	0,3
5	613	0,3	602	0,3
6	613	0,3	600	0,3
7	611	0,3	600	0,3
8	611	0,3	600	0,3
9	611	0,3	600	0,3

На рисунках 24-26 представлены графики изменения светового потока, мощности и тока исследуемых образцов лампы в период стабилизации.

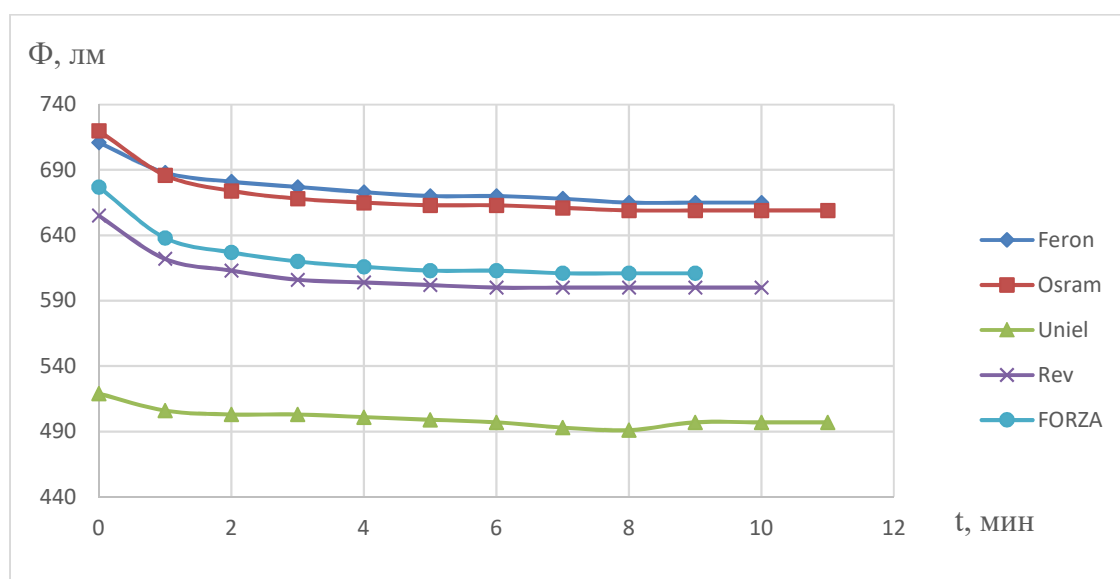


Рисунок 24 – Изменение светового потока СДФ лампы в период стабилизации

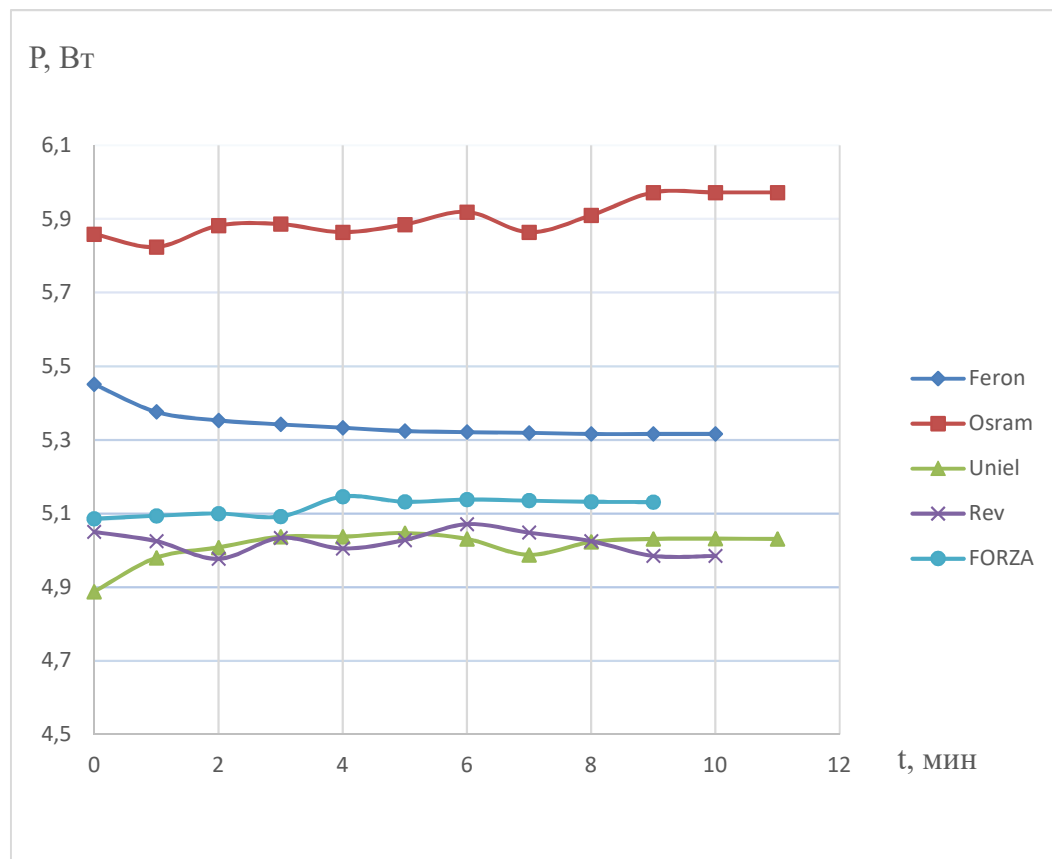


Рисунок 25 – Изменение мощности СДФ ламп в период стабилизации

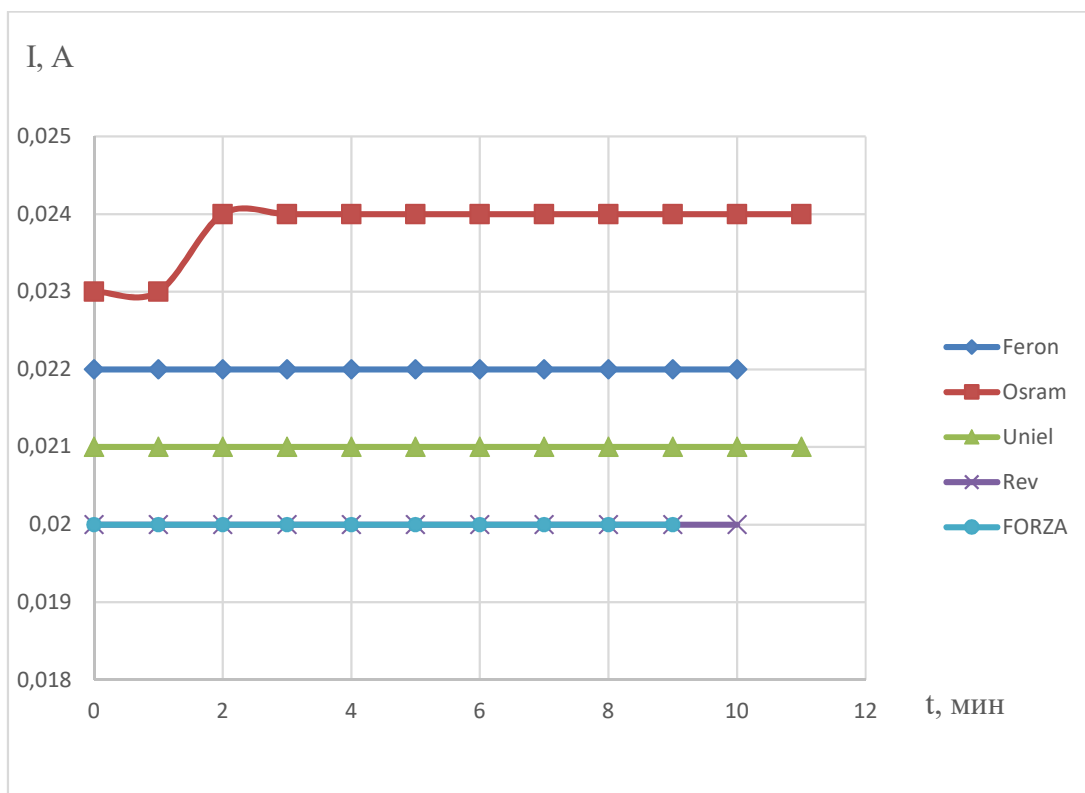


Рисунок 26 – Изменение тока СДФ ламп в период стабилизации

Анализ результатов измерений позволил сделать следующие выводы:

- световой поток ламп снижается в течение времени стабилизации;
- самый высокий световой поток у лампы Feron (665 лм), а самый низкий у Uniel (497 лм);
- мощность ламп практически не изменяется;
- коэффициент пульсации освещенности ламп Feron, FORZA, Rev не изменяется и составляет Feron 0,1%, Rev и FORZA 0,3%, лампы Osram возрастает с 0,3% до 2,2%;
- коэффициент пульсации освещенности лампы Uniel очень большой и вначале составил 100%, через 9 мин., когда стабилизировались все параметры, снизился до 63%, что говорит о невысоком качестве драйвера. Этот параметр не позволяет рекомендовать лампу Uniel для использования в осветительных приборах для бытового освещения согласно ГОСТ [3];
- величина тока практически не меняется;
- время стабилизации образцов ламп FORZA составляет 7 минут, Feron и Rev – 8 минут, образцов Osram и Uniel – 9 минут.

4.3 Измерение электрических параметров и светового потока

Исследования проводились в ЦКП «Светотехническая метрология» института электроники и светотехники на измерительном комплексе фирмы Gooch&Housego, включающем в себя фотометрический шар OL IS 7600 диаметром 2 м, многоканальный спектрорадиометр OL 770 VIS/NIR, оптоволоконный кабель 770 –7G – 3.0, прецизионный источник постоянного тока OL410–200 PRECISION LAMP SOURCE для питания вспомогательной лампы, арматуру для крепления ламп, компьютер [14].

Все испытания были проведены в помещении при отсутствии сквозняков и температуре окружающей среды (25 ± 1) °С и относительной влажности воздуха не более 65%. Напряжение питающей сети: (220 ± 22) В, частота тока 50 Гц согласно ГОСТ [1].

					БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		38

Результаты измерений представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты измерений характеристик исследуемых образцов ламп.

Образцы исследования	LB-57 (Feron)		LED STAR-7 (OSRAM)		AIRDIM-7 (Uniel)		LED-7 (REV)		PLUS-7 (FORZA)	
	заявленные	экспериментальные	заявленные	экспериментальные	заявленные	экспериментальные	заявленные	экспериментальные	заявленные	экспериментальные
Световой поток, лм	740	665	806	669	700	497	730	600	770	611
Коррелированная цветовая температура К	2700	3004	2700	2728	3000	2888	2700	2732	2800	2768
Мощность, Вт	7	5,3	7	6	7	5	7	5	7	5,1
Световая отдача, лм/Вт	105,7	120	115,1	112,4	100	113,2	104,3	133,7	110	132,4
Коэффициент пульсации, %	<5%	0,1	<5%	1,1,	<5%	63,6	<5%	0,2	<5%	0,2

Анализ результатов измерений позволяет сделать следующие выводы:

- световой поток всех ламп значительно ниже заявленных значений, лампы Feron – 665 лм вместо 740 лм, Uniel – 497 лм вместо 700 лм, Rev – 600 лм вместо 730 лм, FORZA – 611 лм вместо 770 лм, Osram – 669 лм вместо 806 лм;
- мощность ламп меньше заявленного значения Uniel и Rev на 2 Вт, FORZA на 1,9 Вт, Feron на 1,7 Вт, Osram на 1 Вт;
- цветовая температура всех образцов ламп близка к заявленной;
- световая отдача ламп выше заявленного значения Feron на 14,3 лм /Вт, Uniel на 13,2 лм /Вт, Rev на 29,4 лм /Вт, FORZA на 22,4 лм /Вт;

- световая отдача лампы Osram чуть меньше заявленного значения на 3 лм/Вт;
- коэффициент пульсаций у ламп Feron, Osram, Rev, FORZA в пределах заявленного значения;
- коэффициент пульсаций у лампы Uniel составил 63,6%, что в десятки раз превышает заявленное значение.

4.4 Исследование распределения силы света исследуемых образцов ламп

На гониофотометре G0 – 2000А было измерено распределение силы света исследуемых ламп. На рисунках 27-31 представлены распределения силы света исследуемых образцов ламп.

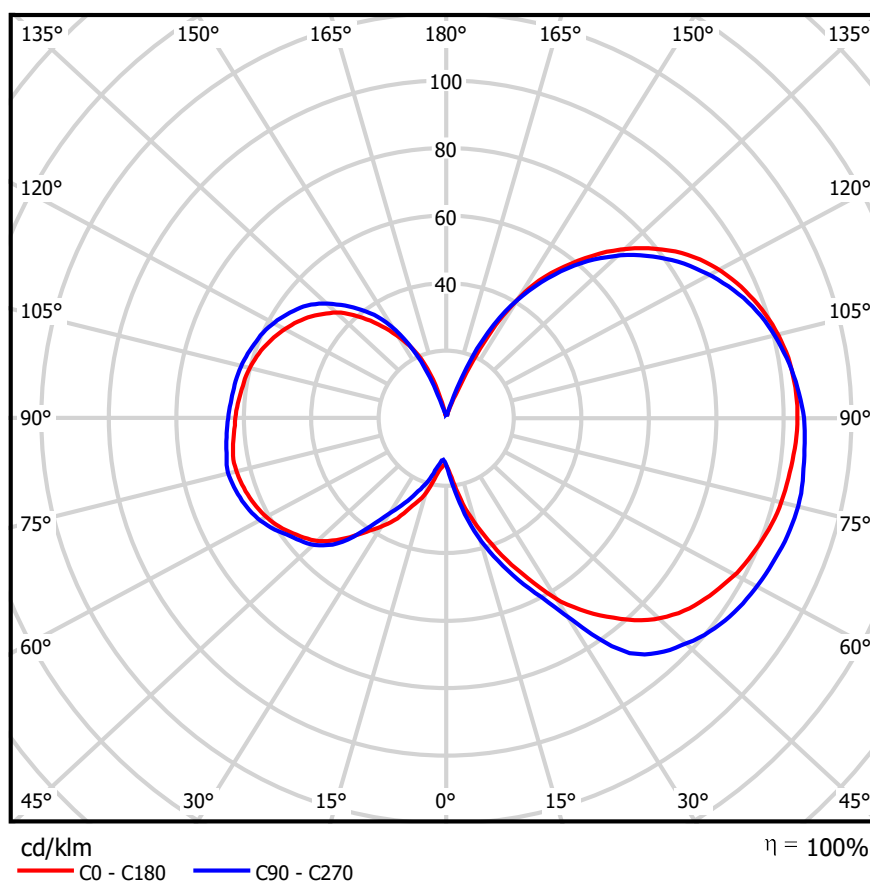


Рисунок 27 – Распределение силы света лампы фирмы Feron

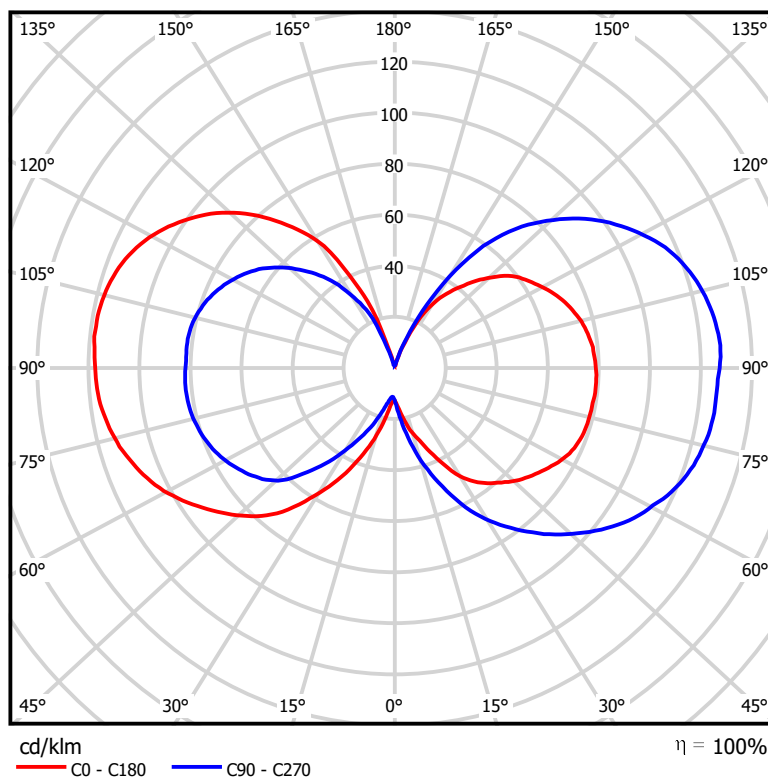


Рисунок 28 – Распределение силы света лампы фирмы Uniel

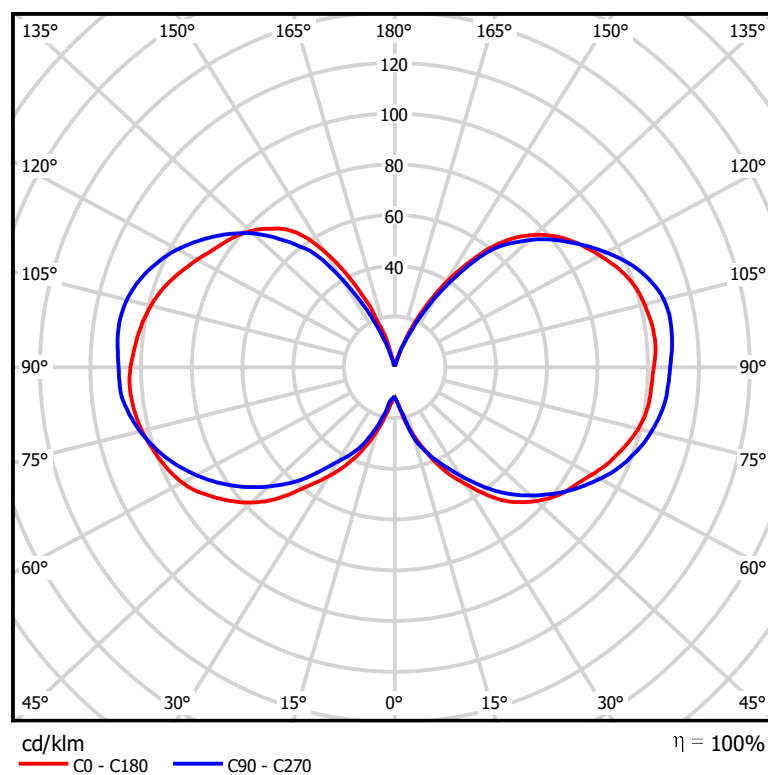


Рисунок 29 – Распределение силы света лампы фирмы Osram

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата

БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20

Лист

41

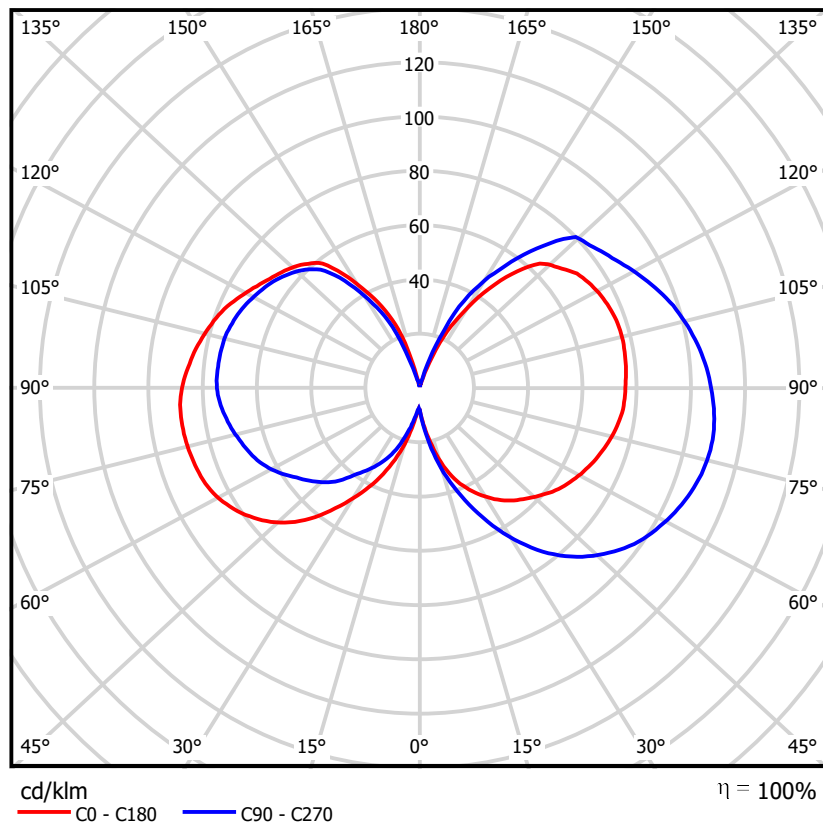


Рисунок 30 – Распределение силы света лампы фирмы FORZA

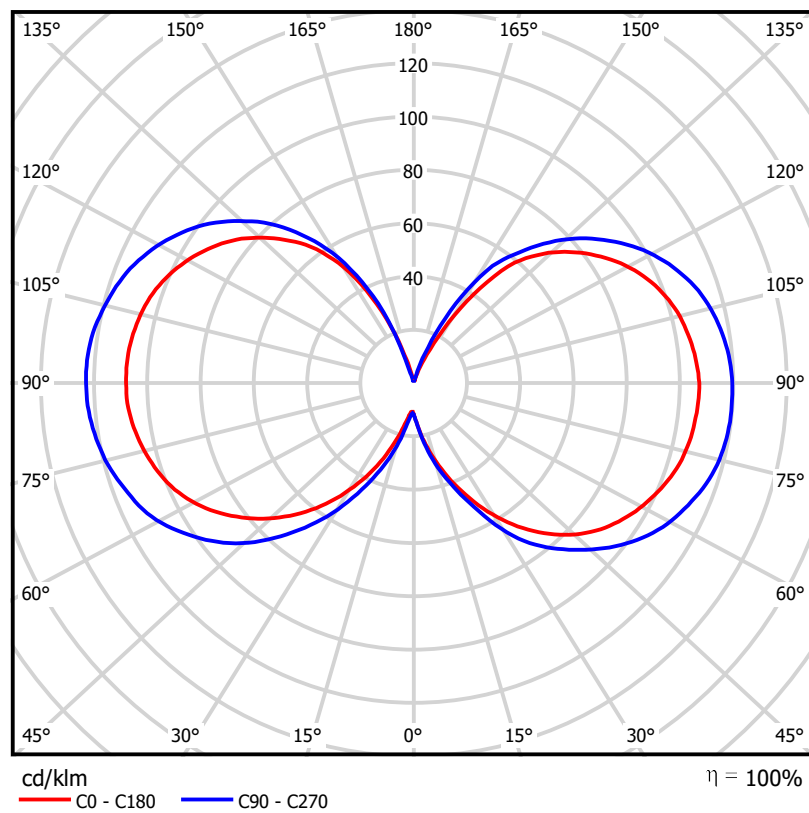


Рисунок 31 – Распределение силы света лампы фирмы Rev

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата

БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20

Лист

42

Анализируя кривые силы света (КСС) ламп можно сделать следующие выводы:

- у всех ламп формы КСС ламп преимущественно синусные;
- наиболее равномерное свечение дает лампа Rev;
- у всех ламп наблюдается снижение светового потока в направлении оптической оси за счет конструктивного расположения филаментов внутри колбы.

Однако эти особенности КСС не снижают достоинства СДФ ламп при использовании их в светильниках для бытового освещения.

4.5 Исследование зависимости характеристик ламп от колебания напряжения сети

Исследование характеристик ламп проводилось в МГУ им. Н. П. Огарева на стенде компании «ГалСен».

Характеристики ламп при изменении напряжения сети в пределах $\pm 10\%$ до начала испытаний на продолжительность горения представлены в таблице 6 и на рисунках 32-34.

Таблица 6 – Зависимость характеристик исследуемых ламп от колебаний напряжения сети до начала испытаний на продолжительность горения

Лампа	Параметры	Напряжение				
		3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7
LB-57 (Feron)	U, В	198	210	220	230	240
	I, А	0,024	0,023	0,022	0,021	0,02
	P, Вт	5,298	5,298	5,316	5,319	5,33
	Φ, лм	665	665	665	665	665
	Кп, %	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
AIRDIM-7 (Uniel)	U, В	198	210	220	230	240
	I, А	0,017	0,019	0,02	0,023	0,024
	P, Вт	3,643	4,385	4,997	5,6	6,155
	Φ, лм	370	444	497	548	587
	Кп, %	67,2	66,8	63,6	62,2	60,1

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7
LED STAR-7 (OSRAM)	U, В	198	210	220	230	240
	I, А	0,013	0,023	0,024	0,024	0,025
	P, Вт	3,02	5,42	5,988	6,344	6,678
	Ф, лм	420	648	669	674	692
	Кп, %	69,2	14,2	2,3	2,3	0,3
PLUS-7 (FORZA)	U, В	198	210	220	230	240
	I, А	0,017	0,02	0,02	0,02	0,021
	P, Вт	3,819	4,796	5,046	5,31	5,5
	Ф, лм	482	613	613	615	618
	Кп, %	37,7	0,3	0,3	0,3	0,3
LED-7 (REV)	U, В	198	210	220	230	240
	I, А	0,018	0,02	0,02	0,02	0,02
	P, Вт	4,106	4,755	4,977	5,221	5,557
	Ф, лм	527	600	600	600	602
	Кп, %	31,2	0,3	0,3	0,3	0,3

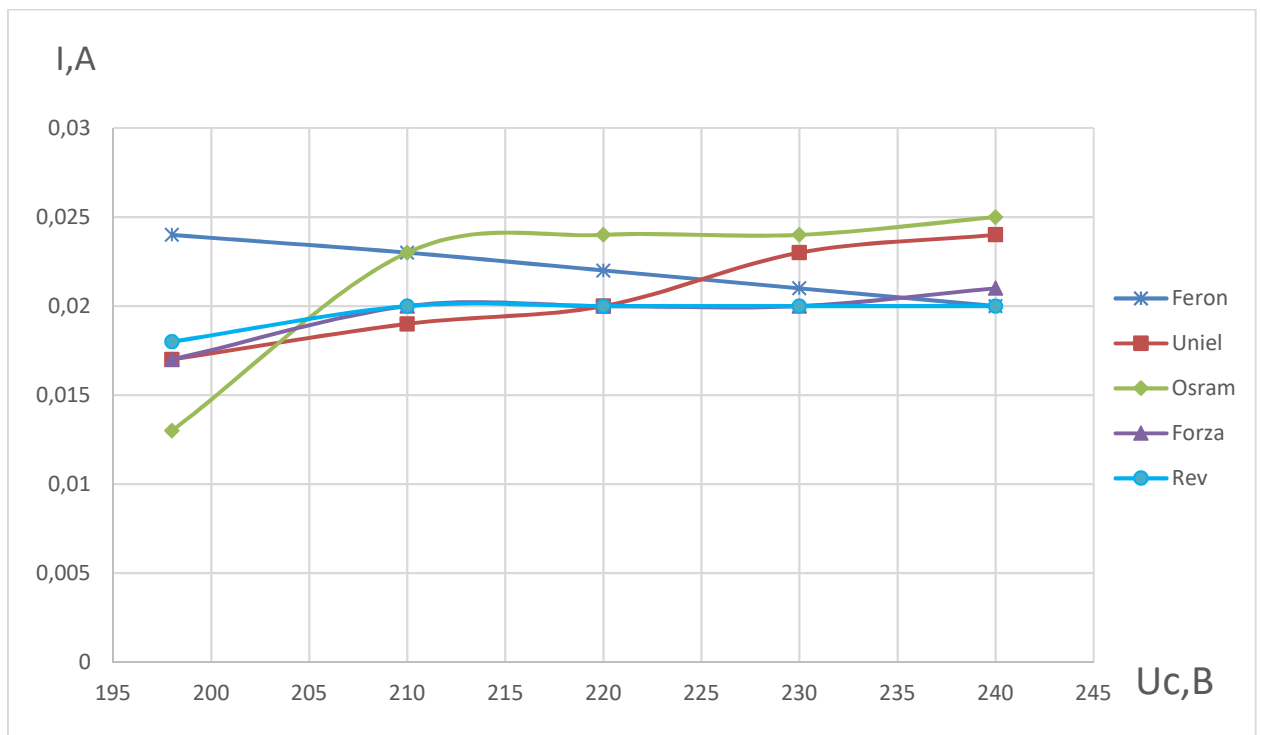


Рисунок 32 – Зависимость тока от колебаний напряжения сети СДФ ламп до начала испытаний

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата
------	------	-----------	---------	------

БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20

Лист

44

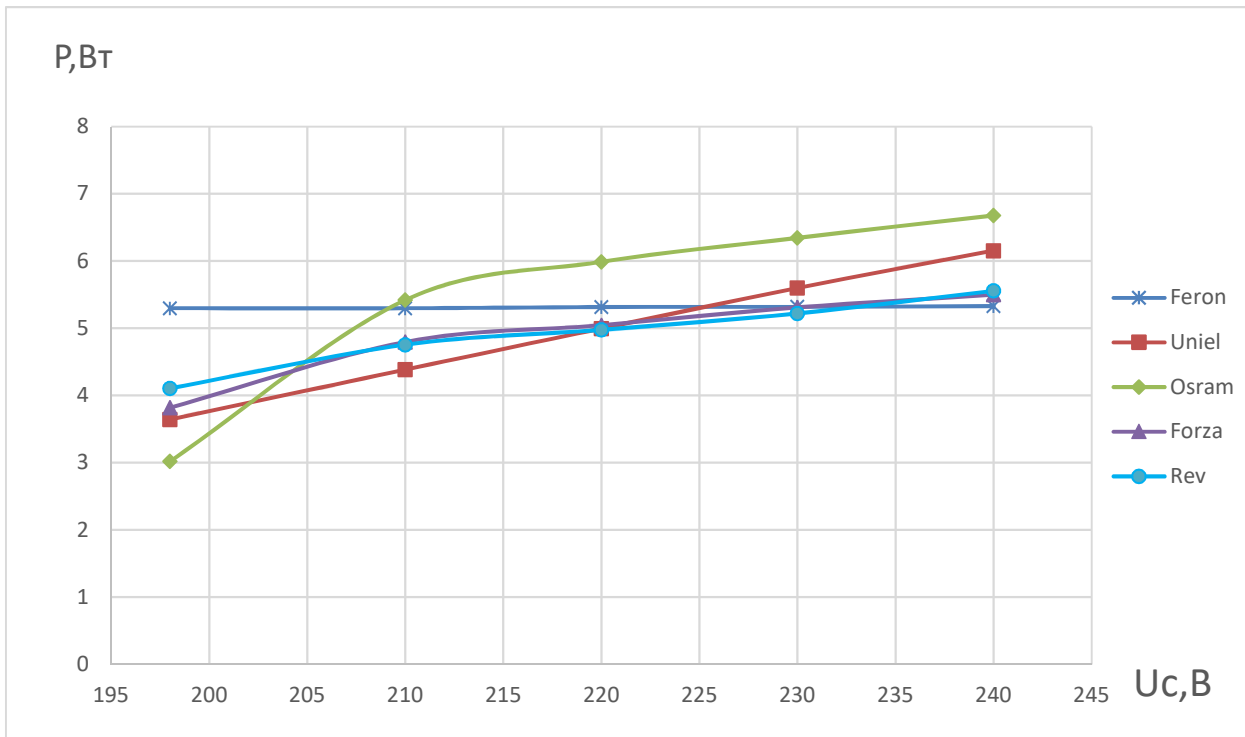


Рисунок 33 – Зависимость мощности от колебаний напряжения сети СДФ ламп до начала испытаний

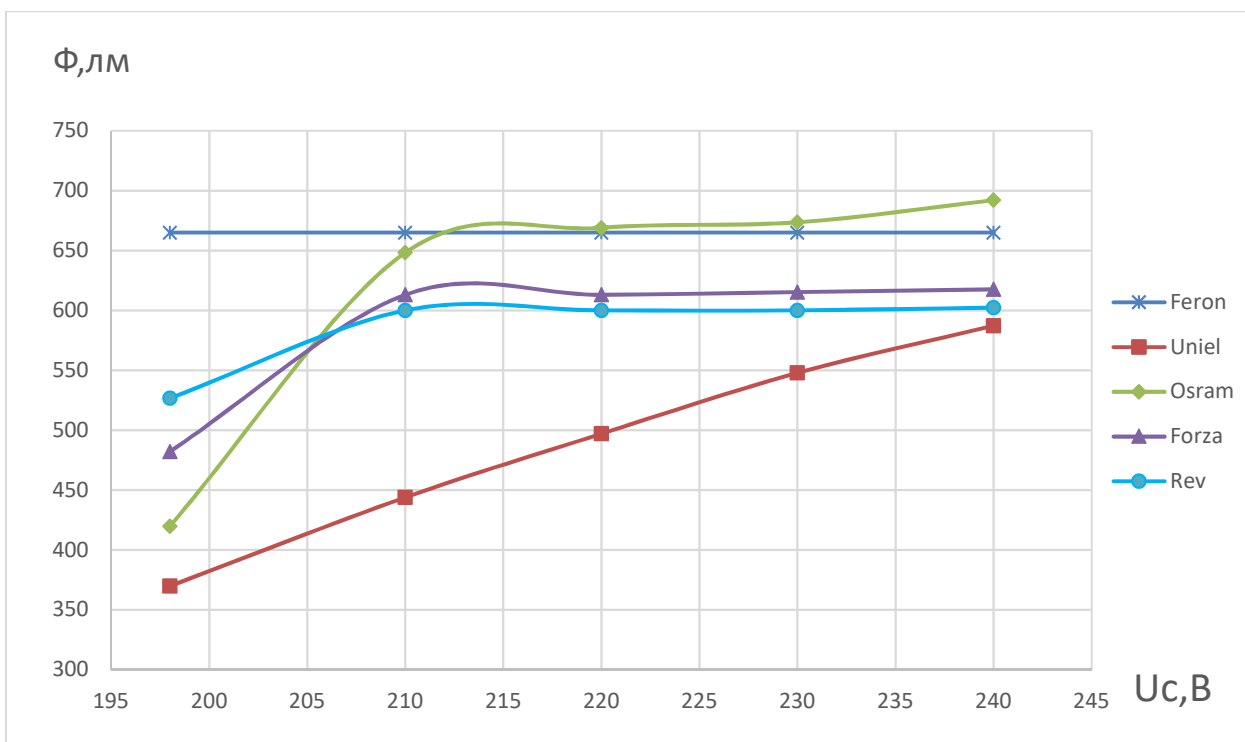


Рисунок 34 – Зависимость светового потока от колебаний напряжения сети СДФ ламп до начала испытаний

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата

В таблице 7 и на рисунках 35-37 представлена зависимость параметров ламп от колебаний сети после 1000 часов горения.

Таблица 7 – Зависимость характеристик исследуемых ламп от колебаний напряжения сети после 1000 ч горения

Лампа	Параметры	Напряжение				
		198	210	220	230	240
LB-57 (Feron)	U, В	198	210	220	230	240
	I, А	0,028	0,023	0,021	0,02	0,02
	P, Вт	5,229	5,229	5,305	5,305	5,318
	Φ, лм	627	627	636	636	638
	Кп, %	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
AIRDIM-7 (Uniel)	U, В	198	210	220	230	240
	I, А	0,016	0,019	0,022	0,022	0,024
	P, Вт	3,594	4,492	5,333	5,607	6,105
	Φ, лм	330	413	490	515	561
	Кп, %	83,5	77,3	71,8	70	66,6
LED STAR-7 (OSRAM)	U, В	198	210	220	230	240
	I, А	0,011	0,022	0,023	0,024	0,025
	P, Вт	2,692	5,401	5,867	6,348	6,645
	Φ, лм	304	610	663	717	751
	Кп, %	68,5	18,5	1,1	2,3	1,3
PLUS-7 (FORZA)	U, В	198	210	220	230	240
	I, А	0,015	0,02	0,02	0,02	0,02
	P, Вт	3,694	4,79	4,974	5,302	5,605
	Φ, лм	454	588	611	651	689
	Кп, %	37	1,7	0,2	0,2	0,2
LED-7 (REV)	U, В	198	210	220	230	240
	I, А	0,016	0,02	0,02	0,02	0,02
	P, Вт	3,678	4,712	4,949	5,23	5,427
	Φ, лм	444	568	597	631	655
	Кп, %	37,1	3,4	0,2	0,2	0,2

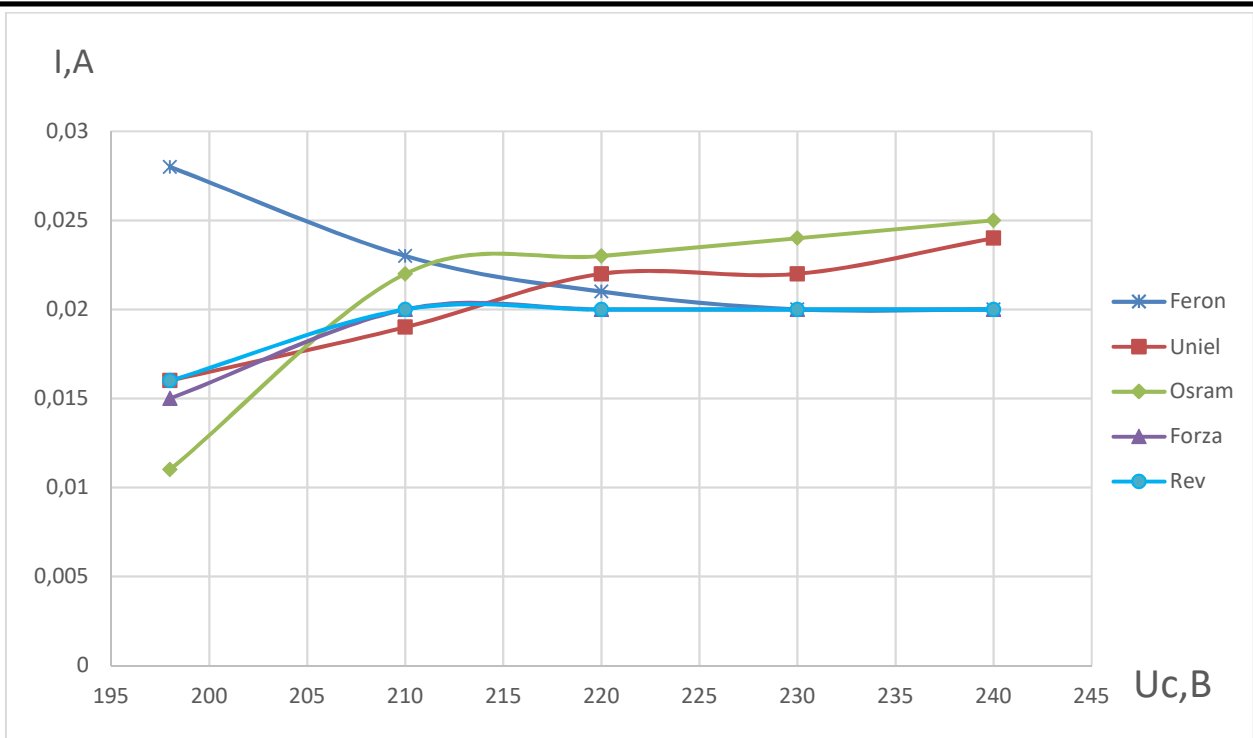


Рисунок 35 – Зависимость тока от колебаний напряжения сети СДФ ламп после 1000 часов горения

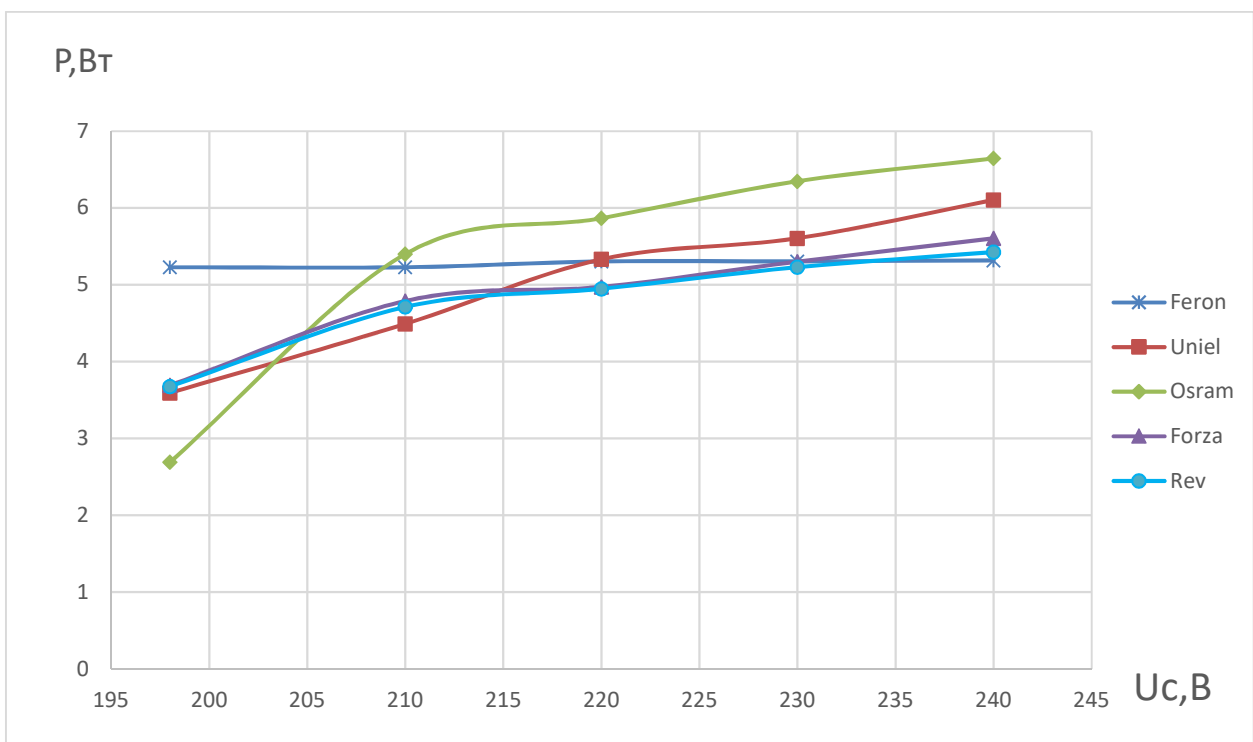


Рисунок 36 – Зависимость мощности от колебаний напряжения сети СДФ ламп после 1000 часов горения

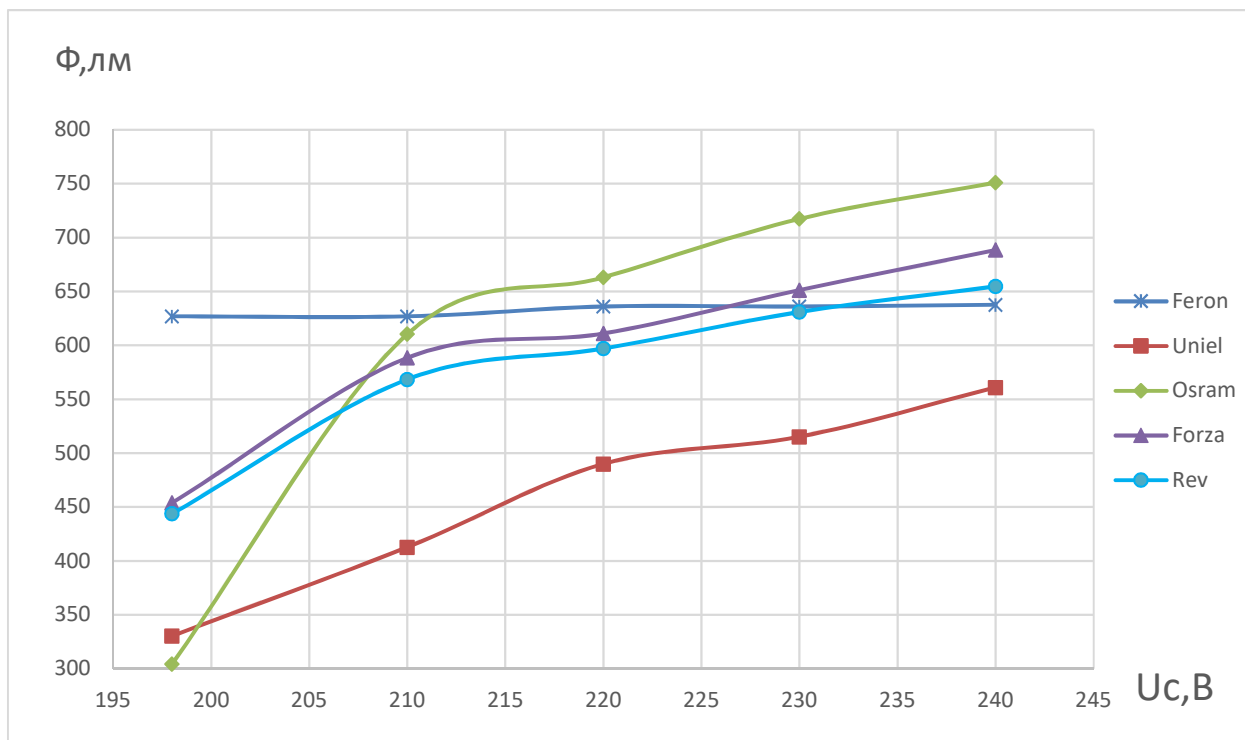


Рисунок 37 – Зависимость светового потока от колебаний напряжения сети СДФ ламп после 1000 часов горения

В таблице 8 и на рисунках 38-40 представлена зависимость параметров ламп от колебаний сети после 2000 ч горения.

Таблица 8 – Зависимость характеристик исследуемых ламп от колебаний напряжения сети после 2000 ч горения

Лампа	Параметры	Напряжение					
		3	4	5	6	7	
LB-57 (Feron)	1	2	3	4	5	6	7
	U, В	198	210	220	230	240	
	I, А	0,024	0,023	0,021	0,021	0,02	
	P, Вт	5,309	5,312	5,321	5,327	5,336	
	Φ, лм	615	613	621	600	618	
AIRDIM-7 (Uniel)	Kп, %	6,2	6,2	6,1	6,1	6,1	
	U, В	198	210	220	230	240	
	I, А	0,017	0,019	0,021	0,023	0,024	
	P, Вт	3,660	4,431	5,239	5,692	6,195	
	Φ, л	335	410	482	522	550	
	Kп, %	69,3	77,1	72,9	69	66	

Окончание таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7
LED STAR-7 (OSRAM)	U, В	198	210	220	230	240
	I, А	0,012	0,022	0,023	0,024	0,025
	P, Вт	2,966	5,293	5,792	6,226	6,67
	Φ, лм	401	632	661	672	686
	Кп, %	68,5	18,5	1,1	2,3	1,3
PLUS-7 (FORZA)	U, В	198	210	220	230	240
	I, А	0,017	0,02	0,02	0,02	0,02
	P, Вт	3,792	4,702	5,063	5,273	5,435
	Φ, лм	509	601	600	604	607
	Кп, %	46,7	11,2	7,3	7,3	7,3
LED-7 (REV)	U, В	198	210	220	230	240
	I, А	0,016	0,02	0,02	0,02	0,02
	P, Вт	3,525	4,715	4,937	5,227	5,411
	Φ, лм	476	590	592	592	592
	Кп, %	46,5	2,1	0,2	0,2	0,2

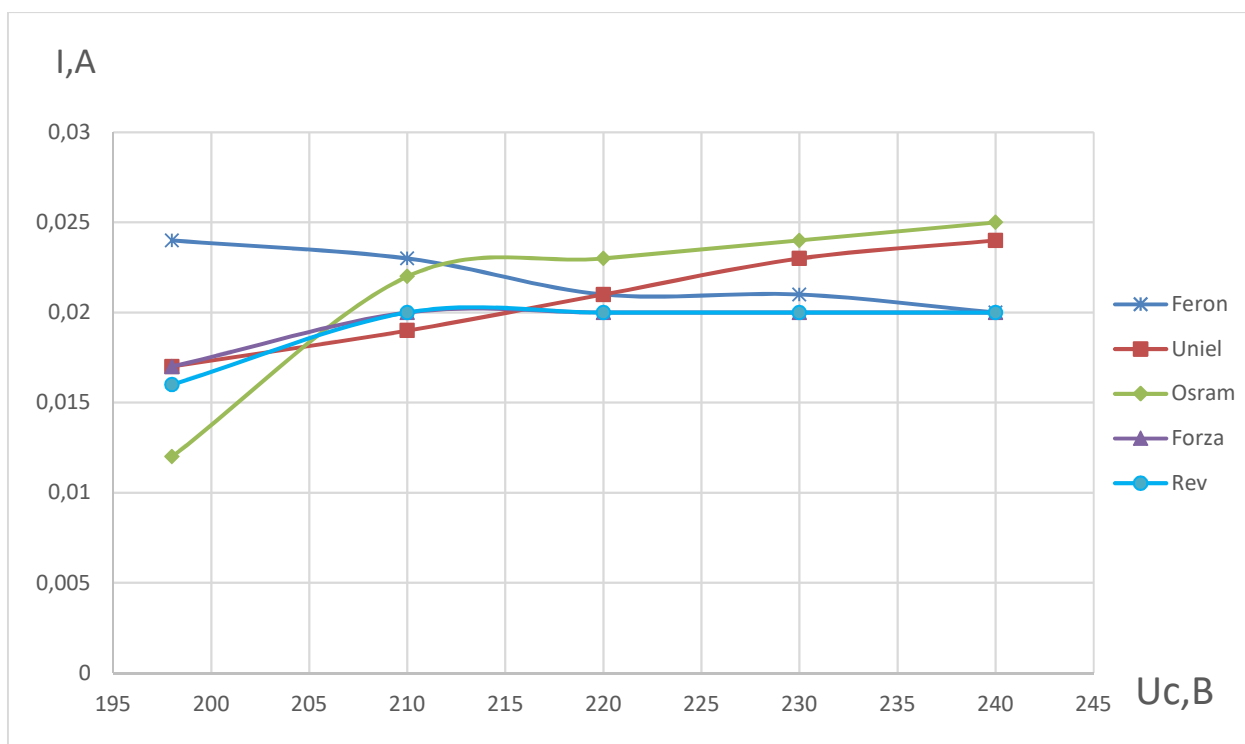


Рисунок 38 – Зависимость тока от колебаний напряжения сети СДФ
ламп после 2000 часов горения

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата
------	------	-----------	---------	------

БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20

Лист

49

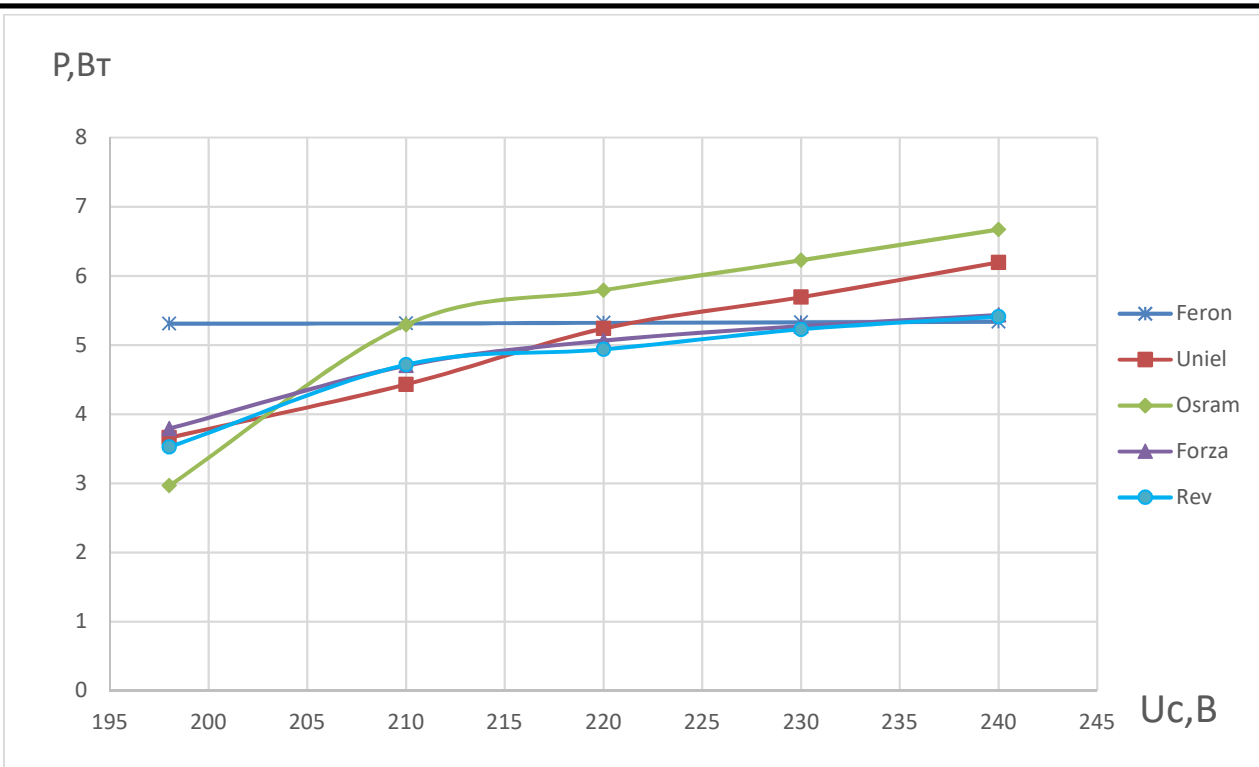


Рисунок 39 – Зависимость мощности от колебаний напряжения сети СДФ ламп после 2000 часов горения

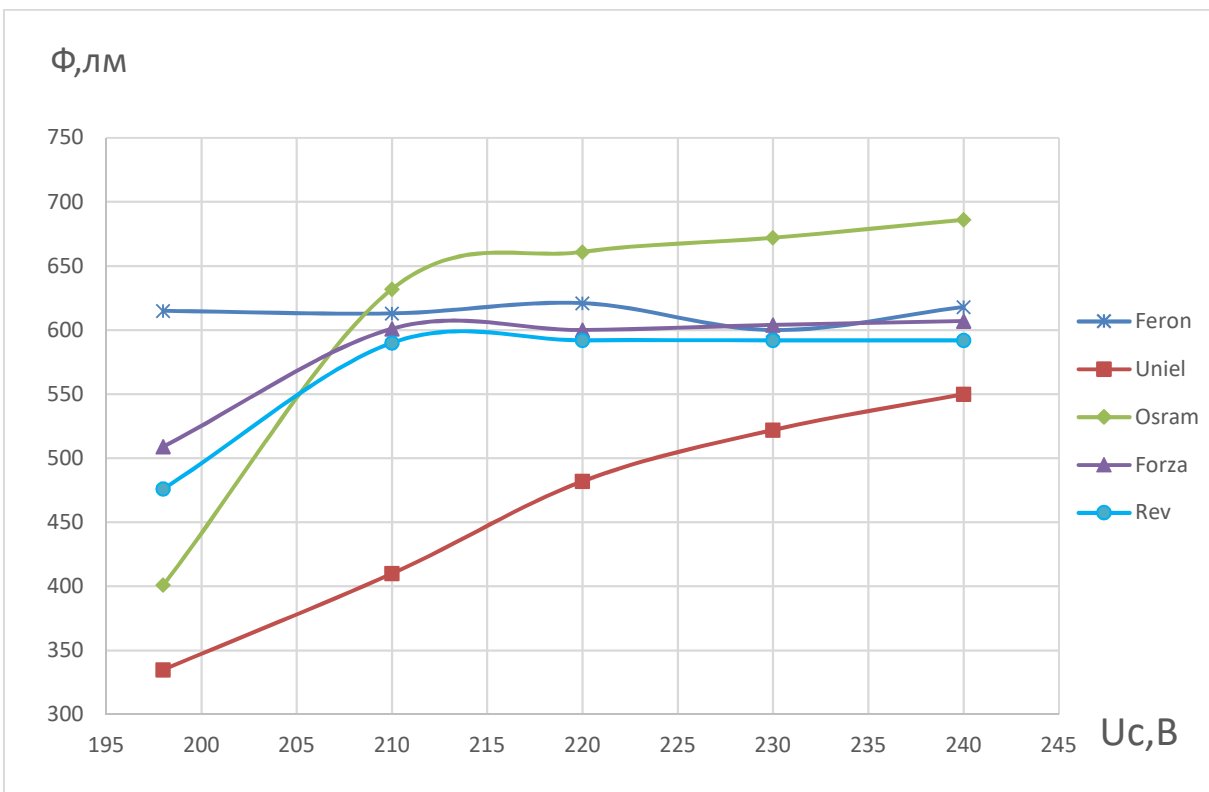


Рисунок 40 – Зависимость светового потока от колебаний напряжения сети СДФ ламп после 2000 часов горения

Анализируя полученные данные можно сделать следующие выводы:

- ток ламп практически не зависит от колебаний напряжения сети;
- световой поток лампы Feron практически не меняется при изменении напряжения сети в пределах $\pm 10\%$, что говорит о хорошем качестве драйвера;
- световой поток ламп FORZA и Rev практически не изменяется в пределах 210-240 В, Osram в пределах 215-235 В, при уменьшении напряжения ниже 210 снижается, у лампы Uniel световой поток линейно зависит от колебаний напряжения сети, что говорит о невысоком качестве драйвера;
- зависимость мощности от колебаний напряжения сети аналогична зависимости светового потока;
- коэффициент пульсаций лампы Rev составляет 0,2 % при $U_c = 220-240$ В, при снижении U_c до 198 В возрастает до 46,5%;
- коэффициент пульсаций лампы Osram составляет 1,1-2,3 % при $U_c = 210-240$ В, при снижении U_c до 198 В возрастает до 68,5%;
- коэффициент пульсаций лампы Feron практически не изменяется и составляет 6,1-6,2 %;
- коэффициент пульсаций лампы FORZA составляет 7,3 % при $U_c = 210-240$ В, при снижении U_c до 198 В возрастает до 46,5%.

4.6 Проведение испытаний на продолжительность горения

Испытание ламп на продолжительность горения проводилось по ТУ3460-002-99981859-2016 [10].

Лампы испытывались в циклическом режиме: горение в течение 5 часов 30 минут при напряжении 220 В и отключались на 30 минут. Общее время горения составило 2000 часов. Лампы устанавливались цоколем вверх.

					БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		51

В таблице 9 представлены результаты измерения характеристик исследуемых образцов ламп в течение продолжительности горения.

Таблица 9 – Характеристики ламп в течение продолжительности горения

Параметр	Тип ламп	Параметры и их изменения после продолжительность горения, ч				
		0	1000	L ₁₀₀₀ ,%	2000	L ₂₀₀₀ ,%
Фл, Вт	LB-57 (Feron)	665	636	95,6	621	93,4
	LED STAR-7 (OSRAM)	669	663	99,1	661	98,8
	AIRDIM-7 (Uniel)	497	490	98,6	482	97,0
	LED-7 (REV)	600	597	99,5	592	98,7
	PLUS-7 (FORZA)	613	611	99,7	600	97,9
Рл, Вт	LB-57 (Feron)	5,3	5,3		5,3	
	LED STAR-7 (OSRAM)	6	5,9		5,9	
	AIRDIM-7 (Uniel)	5	5,3		5,3	
	LED-7 (REV)	5	4,9		4,9	
	PLUS-7 (FORZA)	5,1	4,9		4,63	
Нл, лм/Вт	LB-57 (Feron)	120	120		117,2	
	LED STAR-7 (OSRAM)	112,4	112,4		112	
	AIRDIM-7 (Uniel)	113,2	92,5		90,9	
	LED-7 (REV)	133,7	121,8		120,8	
	PLUS-7 (FORZA)	132,4	122,4		132,4	
Тцв, К	LB-57 (Feron)	3004	3000		2994	
	LED STAR-7 (OSRAM)	2728	2727		2720	
	AIRDIM-7 (Uniel)	2888	2885		2873	
	LED-7 (REV)	2732	2731		2725	
	PLUS-7 (FORZA)	2768	2763		2751	
Кп, %	LB-57 (Feron)	0,1	0,1		6,1	
	LED STAR-7 (OSRAM)	1,1	1,3		0,2	
	AIRDIM-7 (Uniel)	63,6	71,8		72,9	
	LED-7 (REV)	0,2	2,60		0,2	
	PLUS-7 (FORZA)	0,2	2,69		7,4	

На рисунке 41 показан график изменения светового потока в течение срока службы.

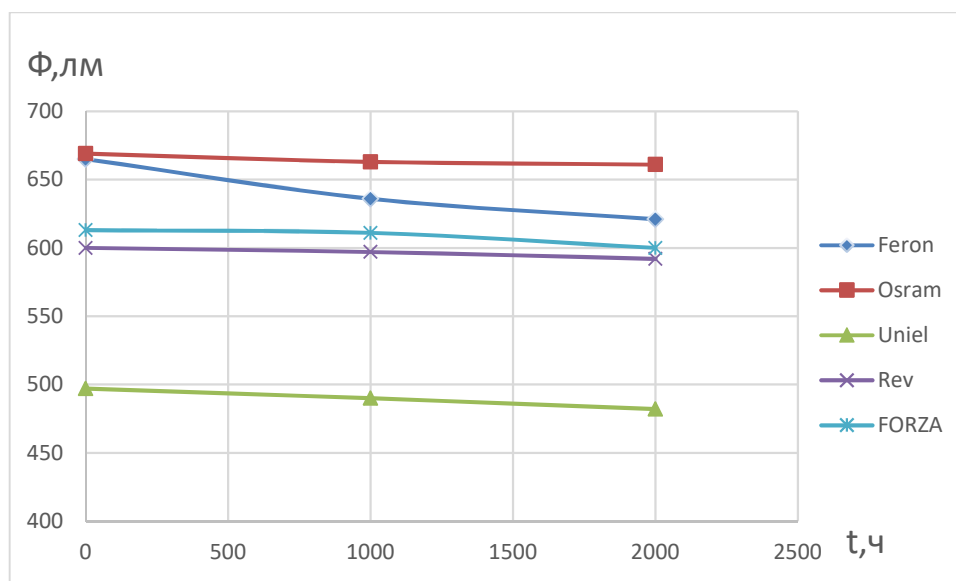


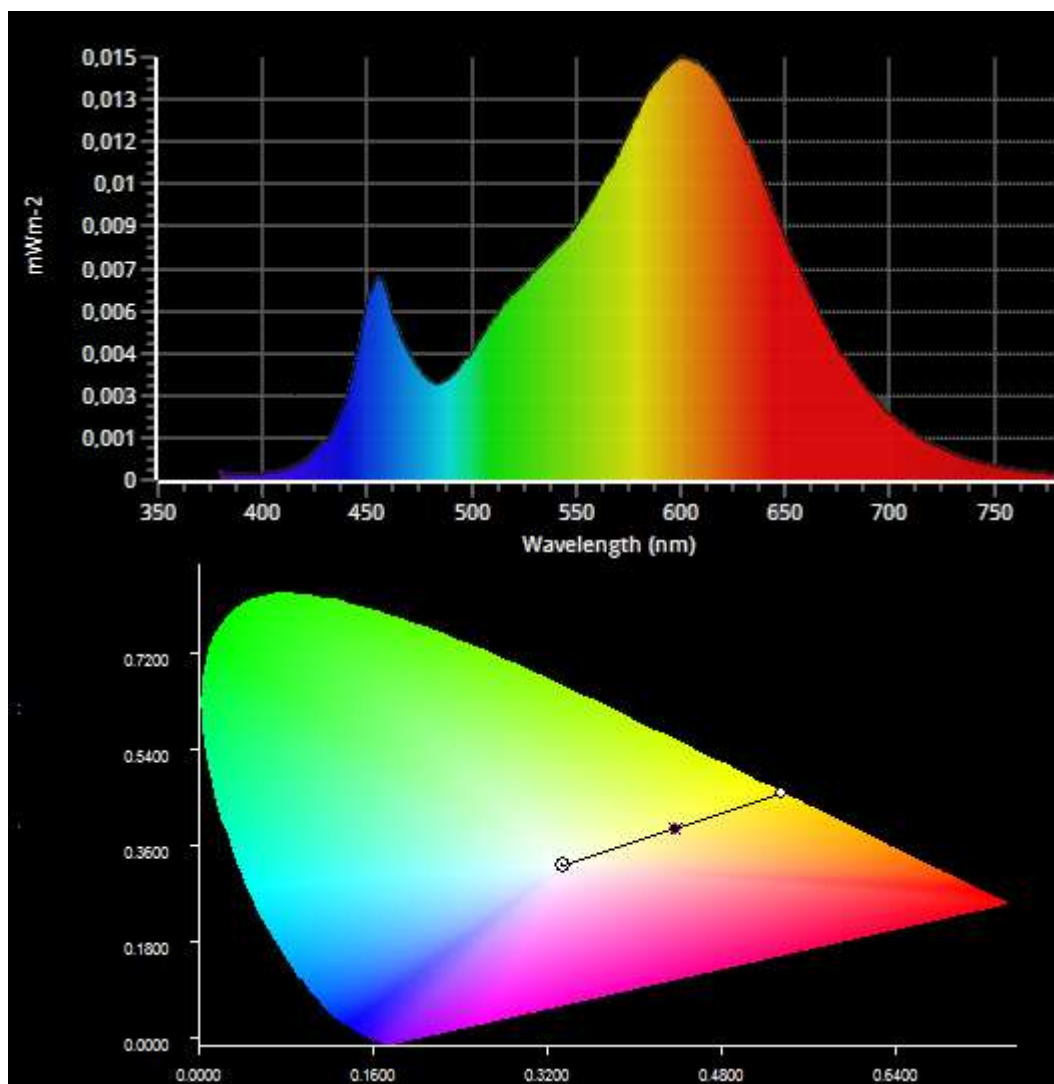
Рисунок 41 – Изменение светового потока в течение срока службы

Проанализировав результаты испытаний до 2000 ч горения можно сделать следующие выводы:

- световой поток и мощность снижаются;
- коэффициент сохранения светового потока после 2000 ч горения составил лампы Feron – 93,4%, Osram – 98,8%, Uniel – 97 %, Rev – 98,7%, FORZA – 97,9%.
 - коэффициент пульсаций после 2000 ч горения ламп LED-7 (REV) и LED STAR-7 (OSRAM) соответствует заявленному значению, увеличился у ламп Feron LB-7 (6,1%) и FORZA PLUS-7 (7,4%) и превысил заявленное значение, у лампы AIRDIM-7 (Uniel) – 63,6-72,9%;
- цветовая температура смещается в длинноволновую часть спектра.

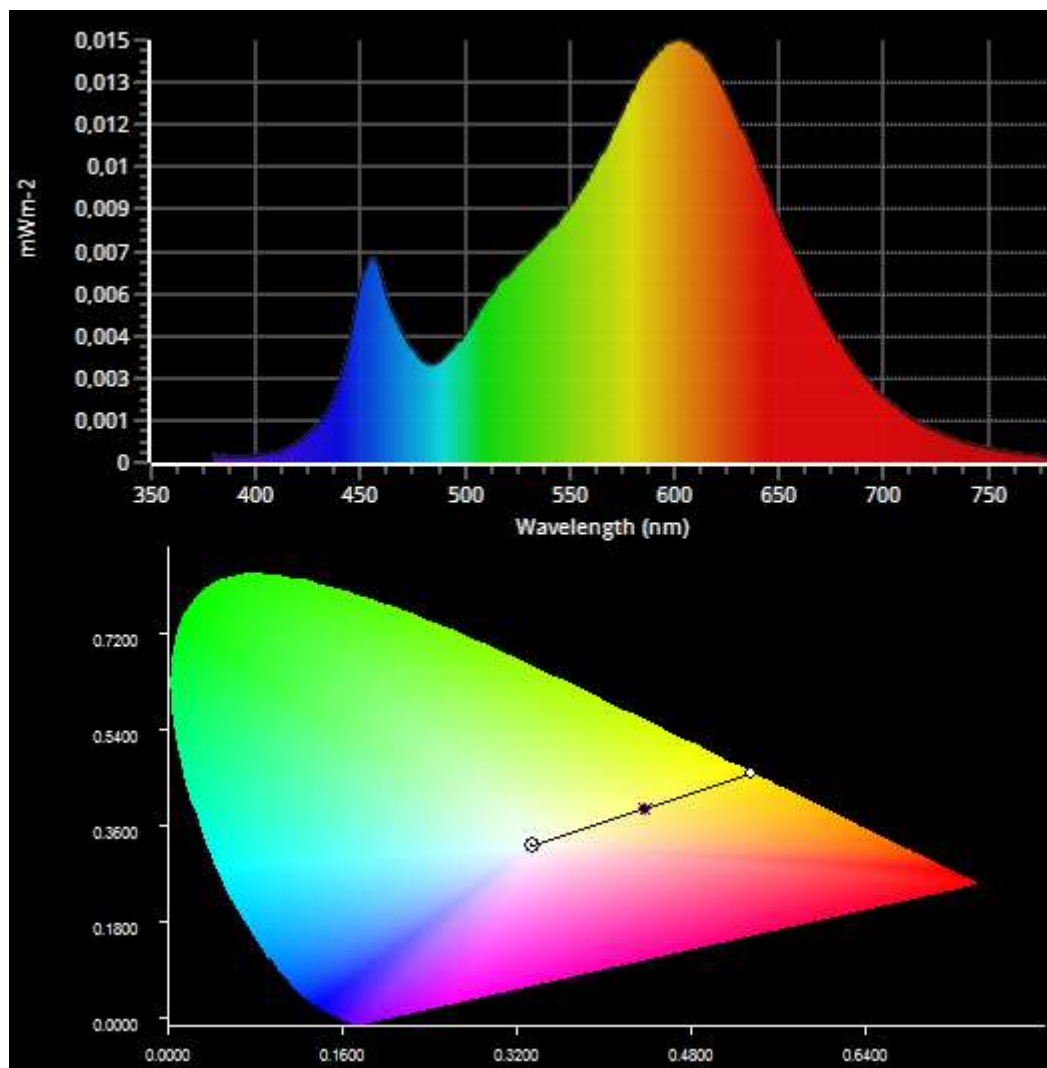
4.7 Исследование спектров излучения исследуемых образцов ламп в течение продолжительности горения

На спектрорадиометре OL 770 VIS/NIR были измерены спектральные характеристики ламп. Спектры излучения представлены в таблицах 9-13 и на рисунках 42-60.



LED Peak Wavelength 602nm

Рисунок 42 – Спектр излучения лампы фирмы Feron до начала испытаний на продолжительность горения



LED Peak Wavelength 604nm

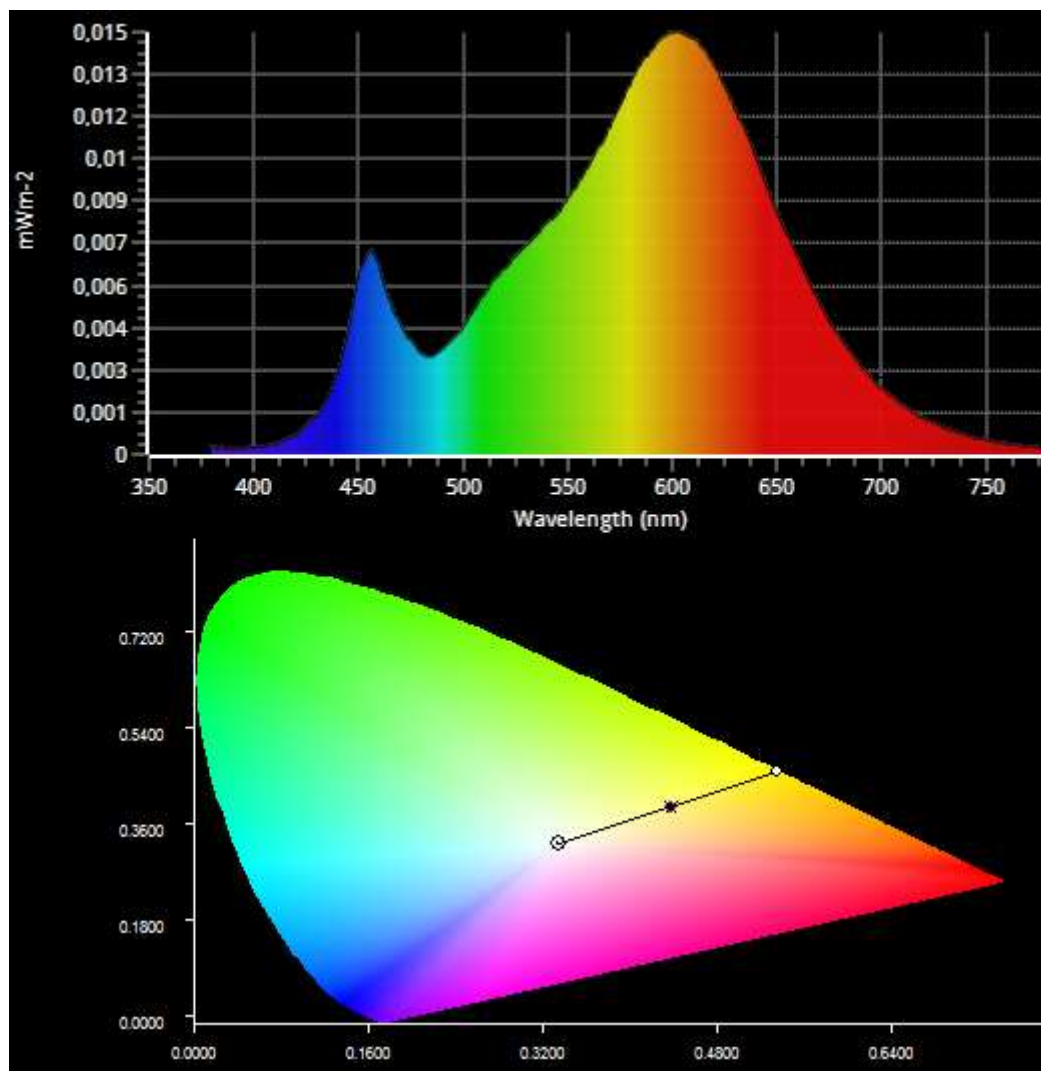
Рисунок 43 – Спектр излучения лампы фирмы Feron
после 1000 часов горения

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата

БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20

Лист

55

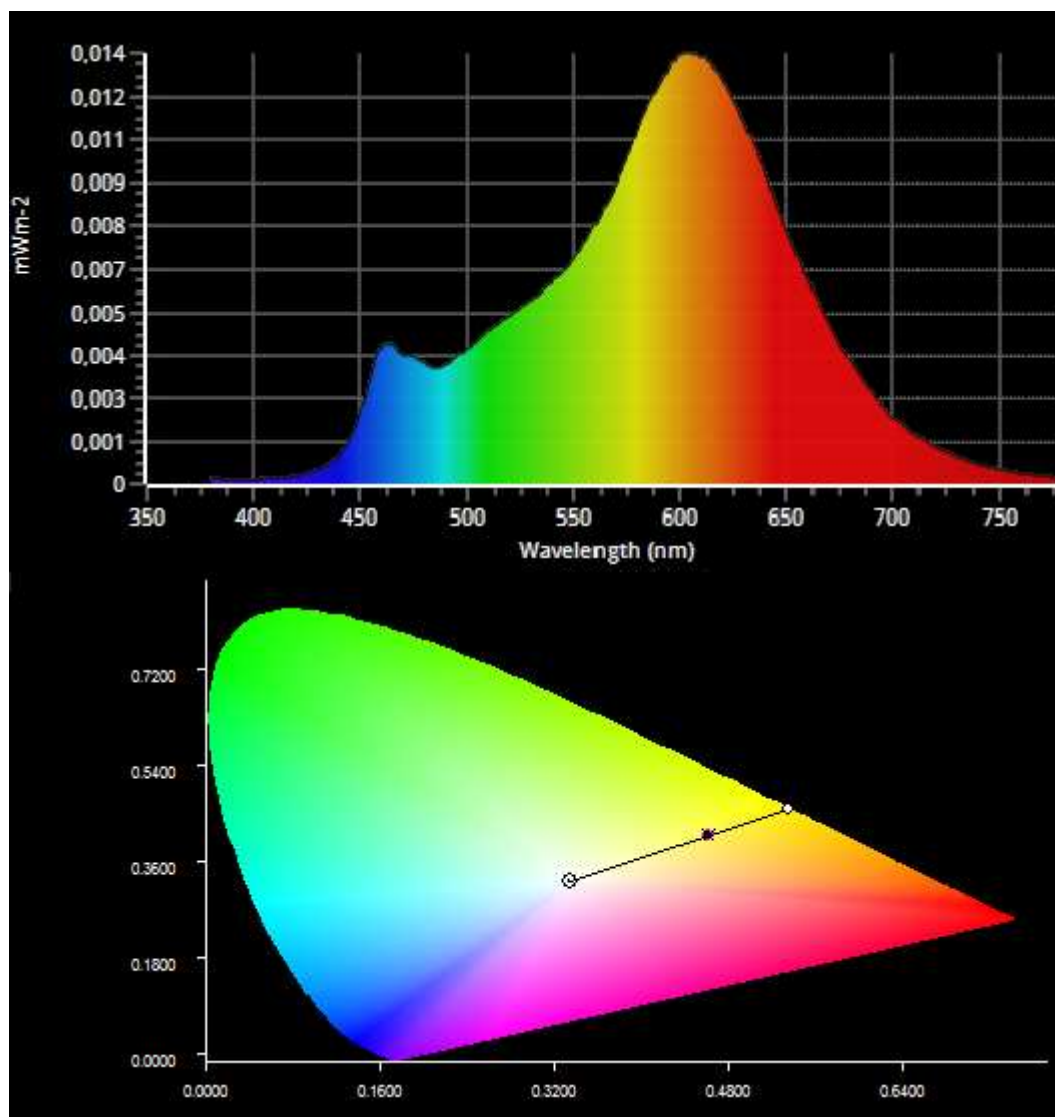


LED Peak Wavelength 607nm

Рисунок 44 – Спектр излучения лампы фирмы Feron
после 2000 часов горения

Таблица 9 – Спектральные характеристики лампы Feron в течение продолжительности горения

Время, ч	Координата цветности X	Координата цветности Y	Цветовая температура, К	Длина волны максимальной интенсивности, нм
0	0,4353	0,4015	3004	602
1000	0,4356	0,4013	3000	604
2000	0,4360	0,4013	2994	607



LED Peak Wavelength 607nm

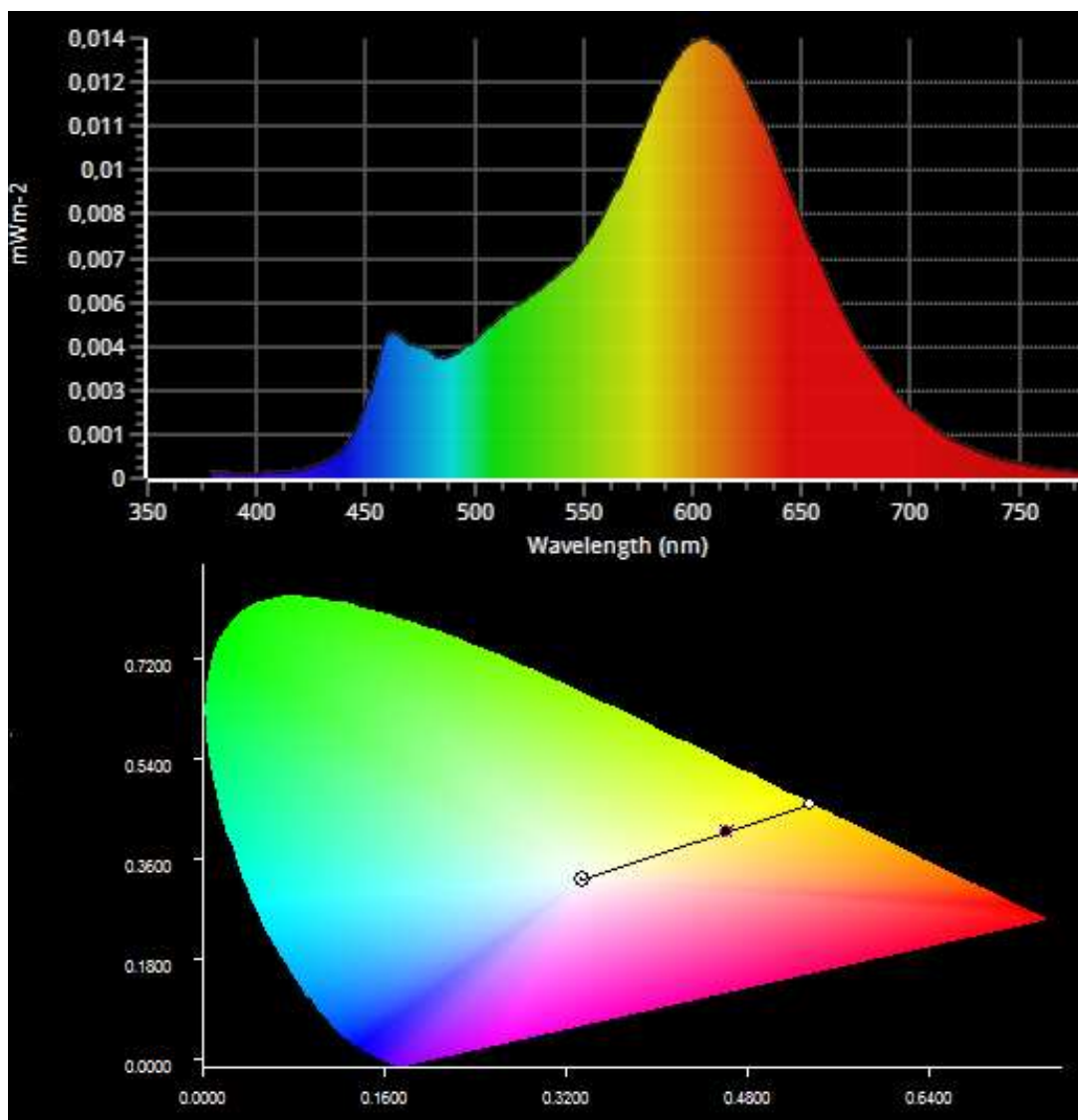
Рисунок 45 – Спектр излучения лампы фирмы FORZA до начала испытаний на продолжительность горения

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата

БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20

Лист

57



LED Peak Wavelength 609nm

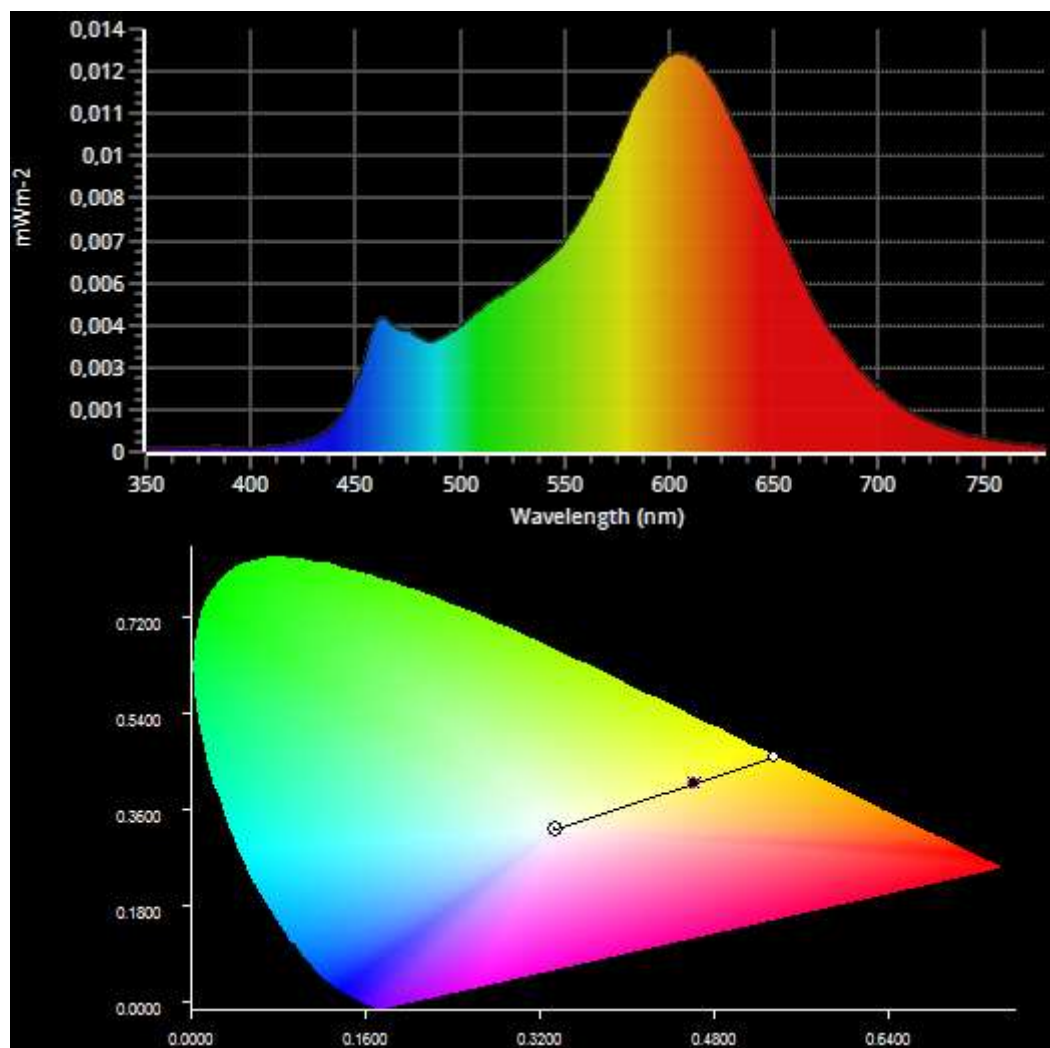
Рисунок 46 – Спектр излучения лампы фирмы FORZA
после 1000 часов горения

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата

БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20

Лист

58

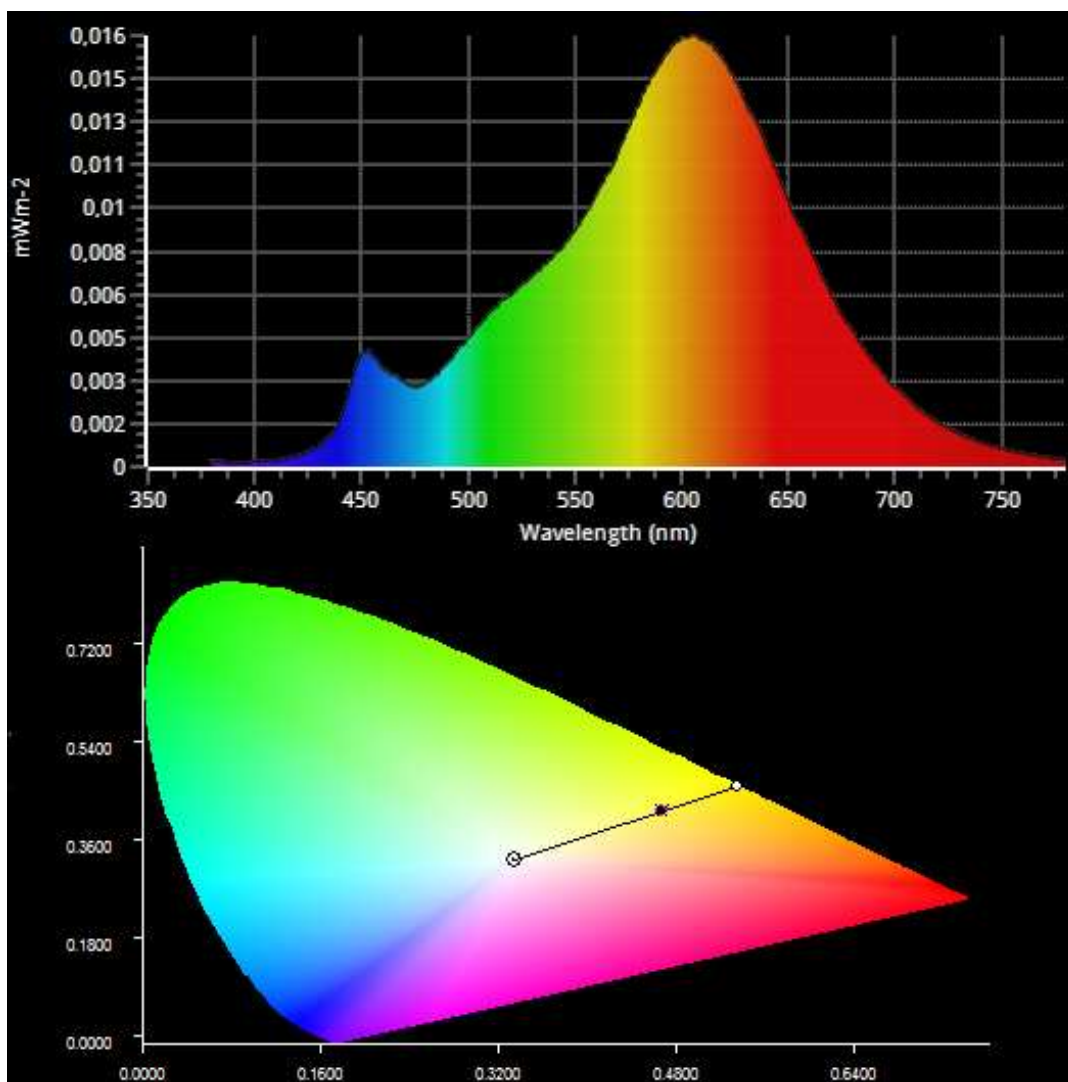


LED Peak Wavelength 611nm

Рисунок 47 – Спектр излучения лампы фирмы FORZA
после 2000 часов горения

Таблица 10 – Спектральные характеристики лампы FORZA в течение продолжительности горения

Время, ч	Координата цветности X	Координата цветности Y	Цветовая температура, К	Длина волны максимальной интенсивности, нм
0	0,4585	0,4170	2768	607
1000	0,4590	0,4171	2763	609
2000	0,4599	0,4174	2751	611



LED Peak Wavelength 605nm

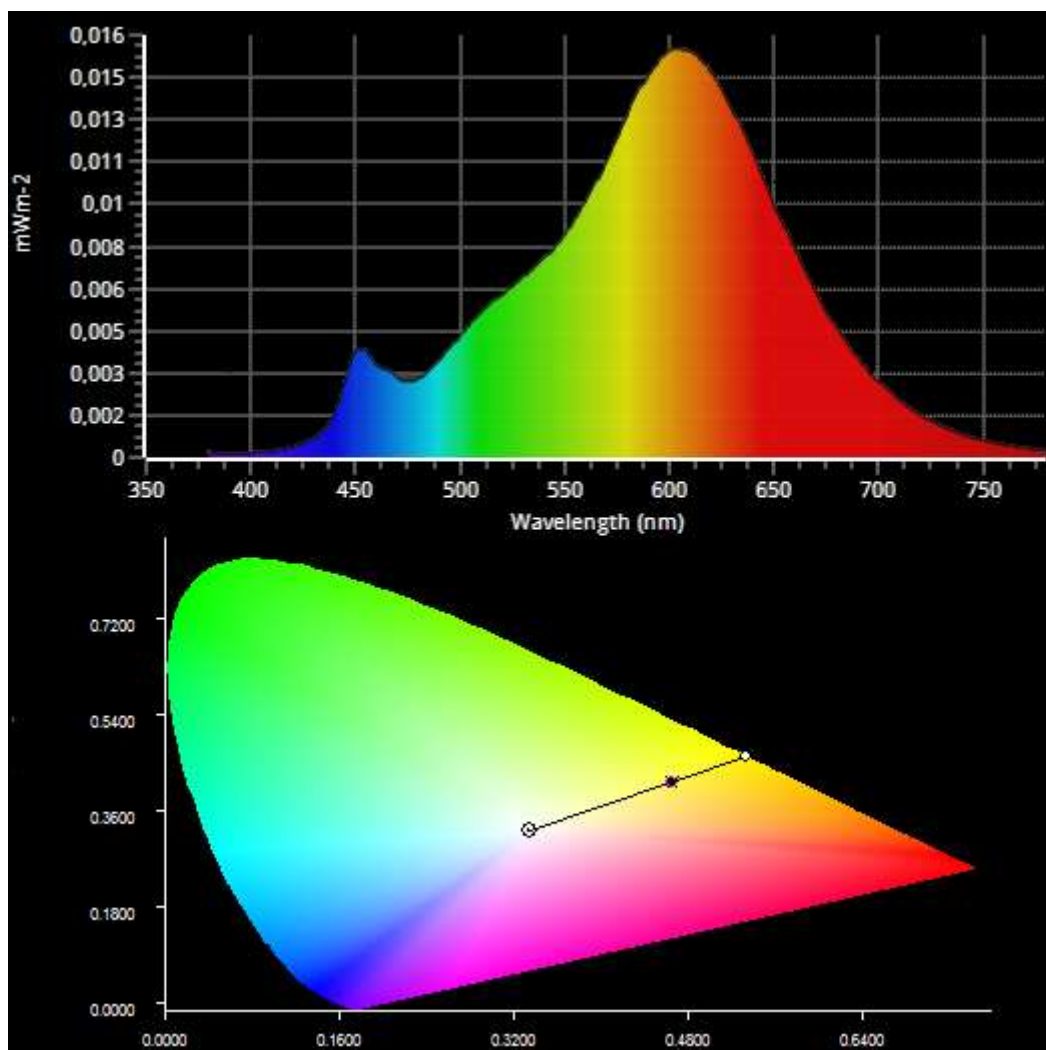
Рисунок 48 – Спектр излучения лампы фирмы Osram до начала испытаний на продолжительность горения

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата

БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20

Лист

60



LED Peak Wavelength 608nm

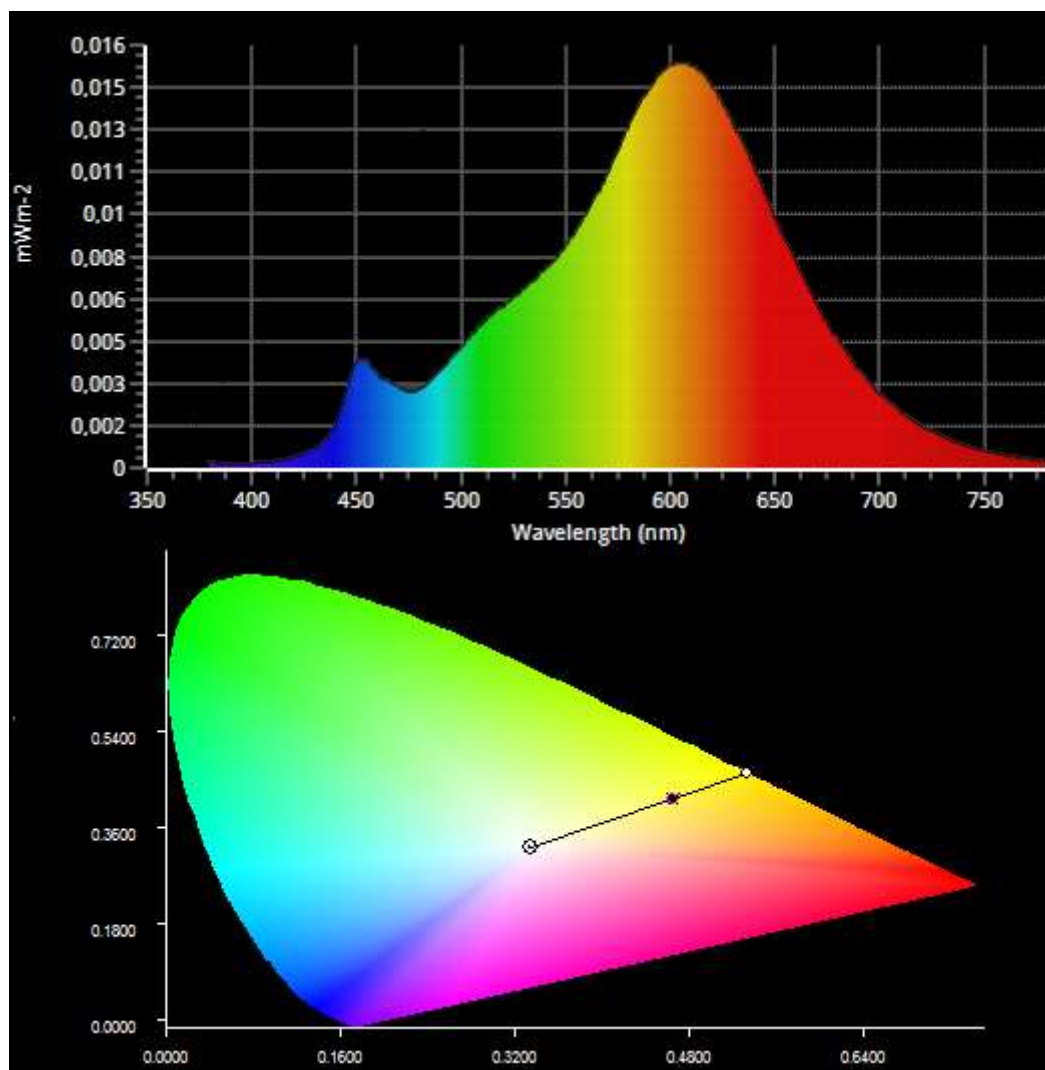
Рисунок 49 – Спектр излучения лампы фирмы Osram
после 1000 часов горения

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата

БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20

Лист

61

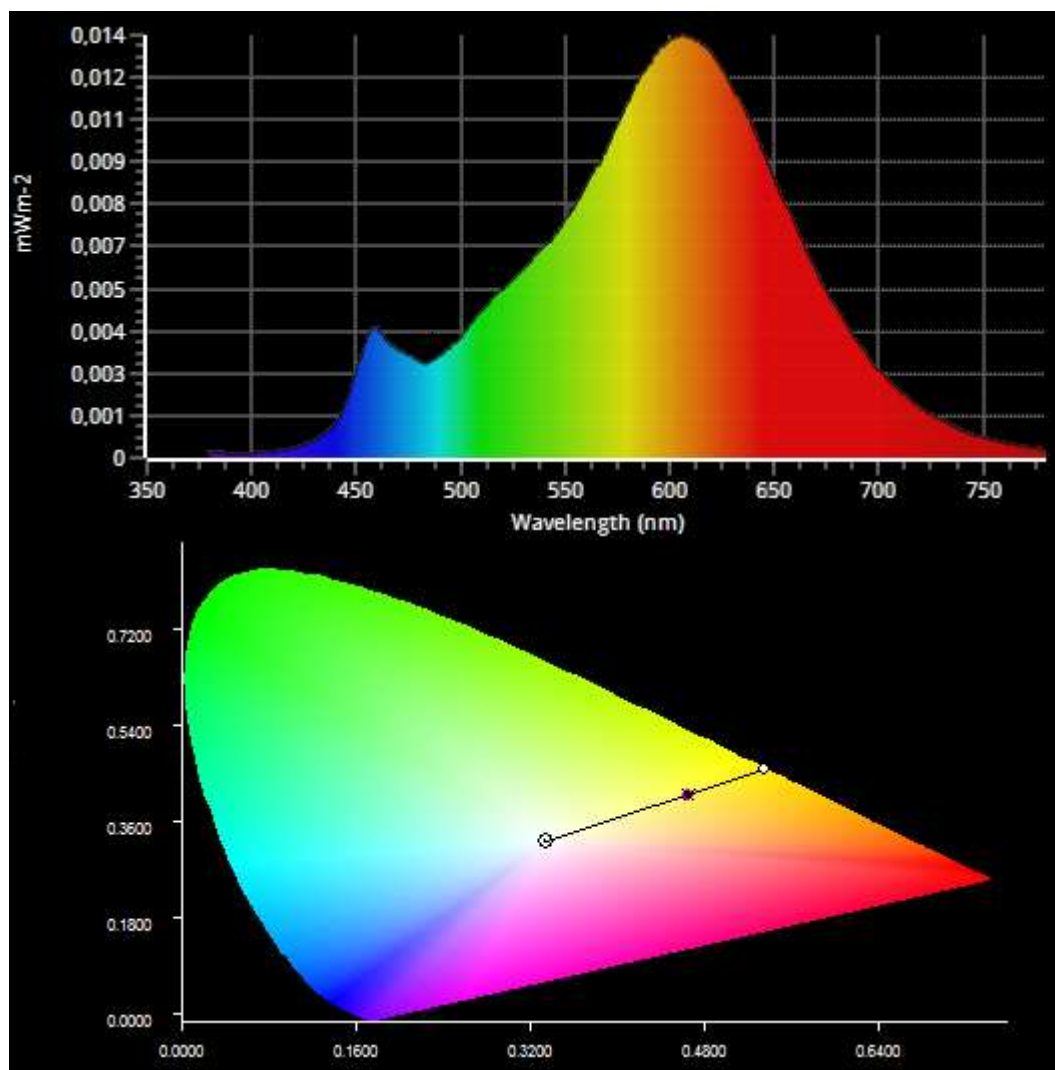


LED Peak Wavelength 610nm

Рисунок 50 – Спектр излучения лампы фирмы Osram
после 2000 часов горения

Таблица 11 – Спектральные характеристики лампы Osram в течение
продолжительности горения

Время, ч	Координата цветности X	Координата цветности Y	Цветовая температура, К	Длина волны максимальной интенсивности, нм
0	0,4637	0,4213	2728	605
1000	0,4637	0,4211	2727	608
2000	0,4643	0,4212	2720	610



LED Peak Wavelength 605nm

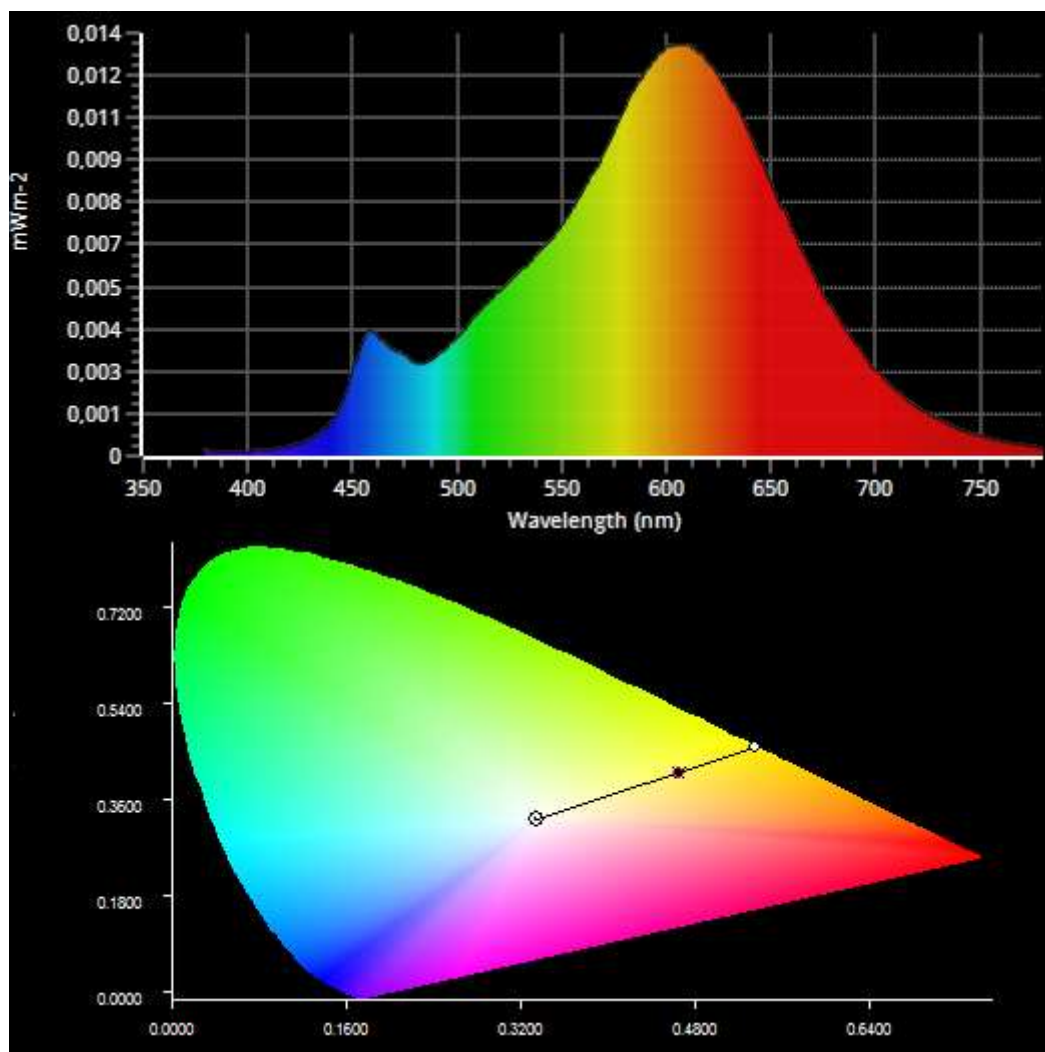
Рисунок 51 – Спектр излучения лампы фирмы Rev до начала испытаний на продолжительность горения

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата

БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20

Лист

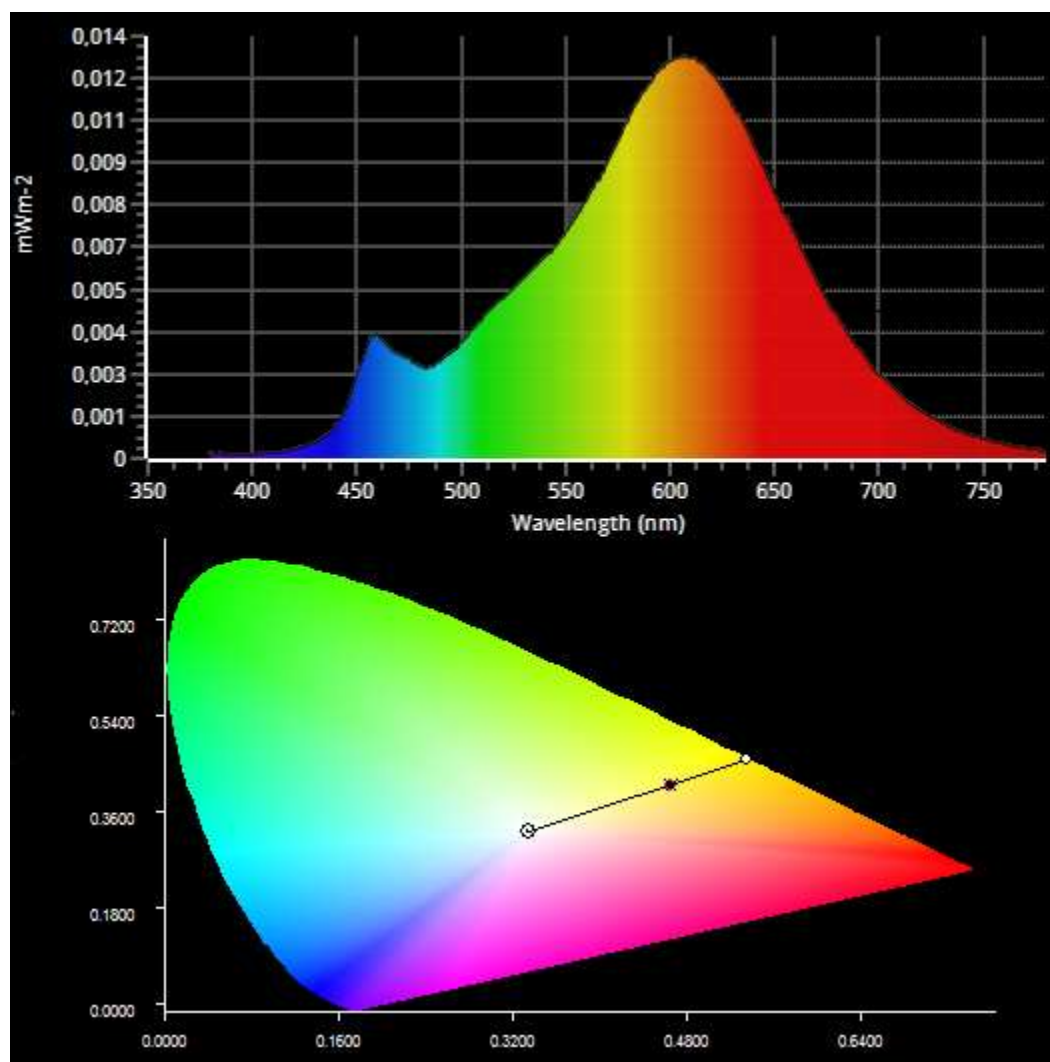
63



LED Peak Wavelength 605nm

Рисунок 52 – Спектр излучения лампы фирмы Rev
после 1000 часов горения

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата

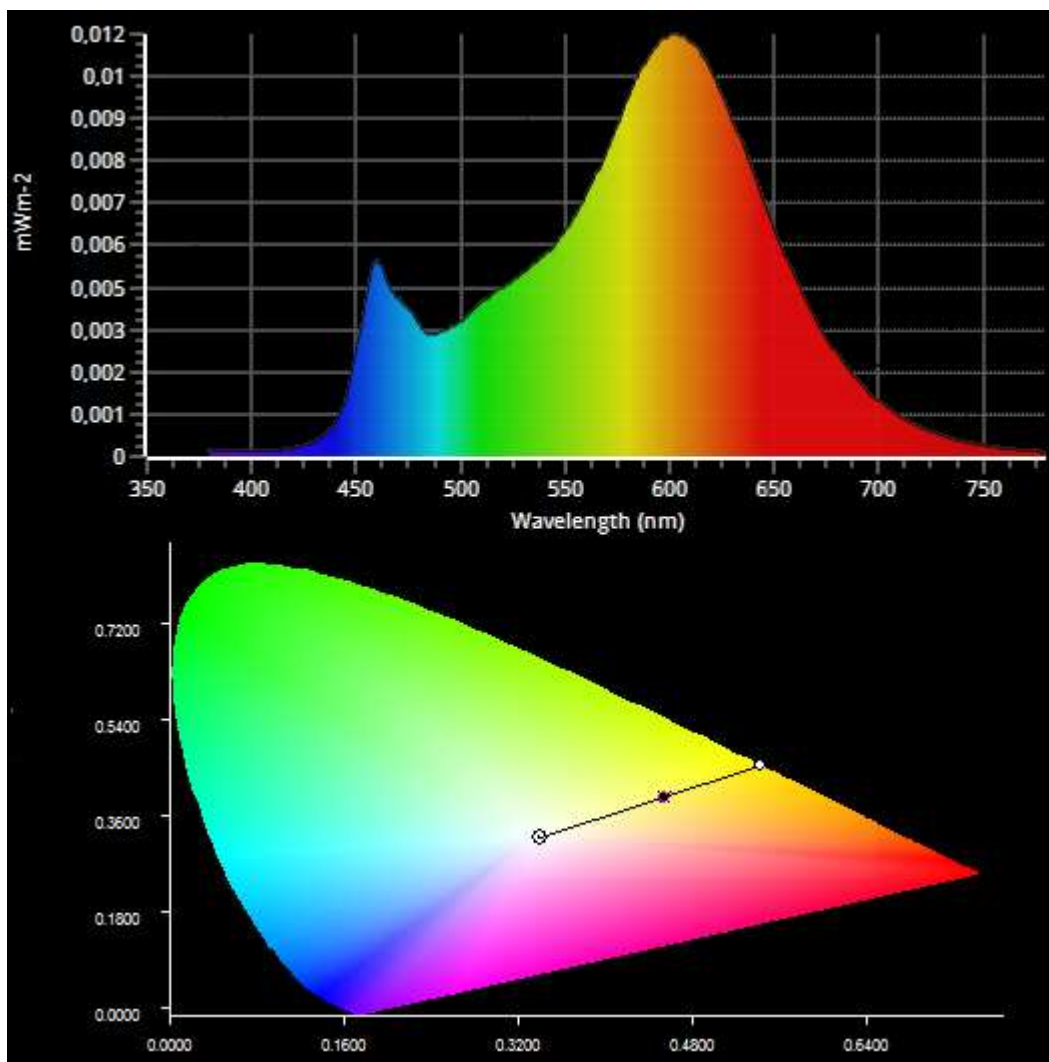


LED Peak Wavelength 607nm

Рисунок 53 – Спектр излучения лампы фирмы Rev
после 2000 часов горения

Таблица 12 – Спектральные характеристики лампы Rev в течение продолжительности горения

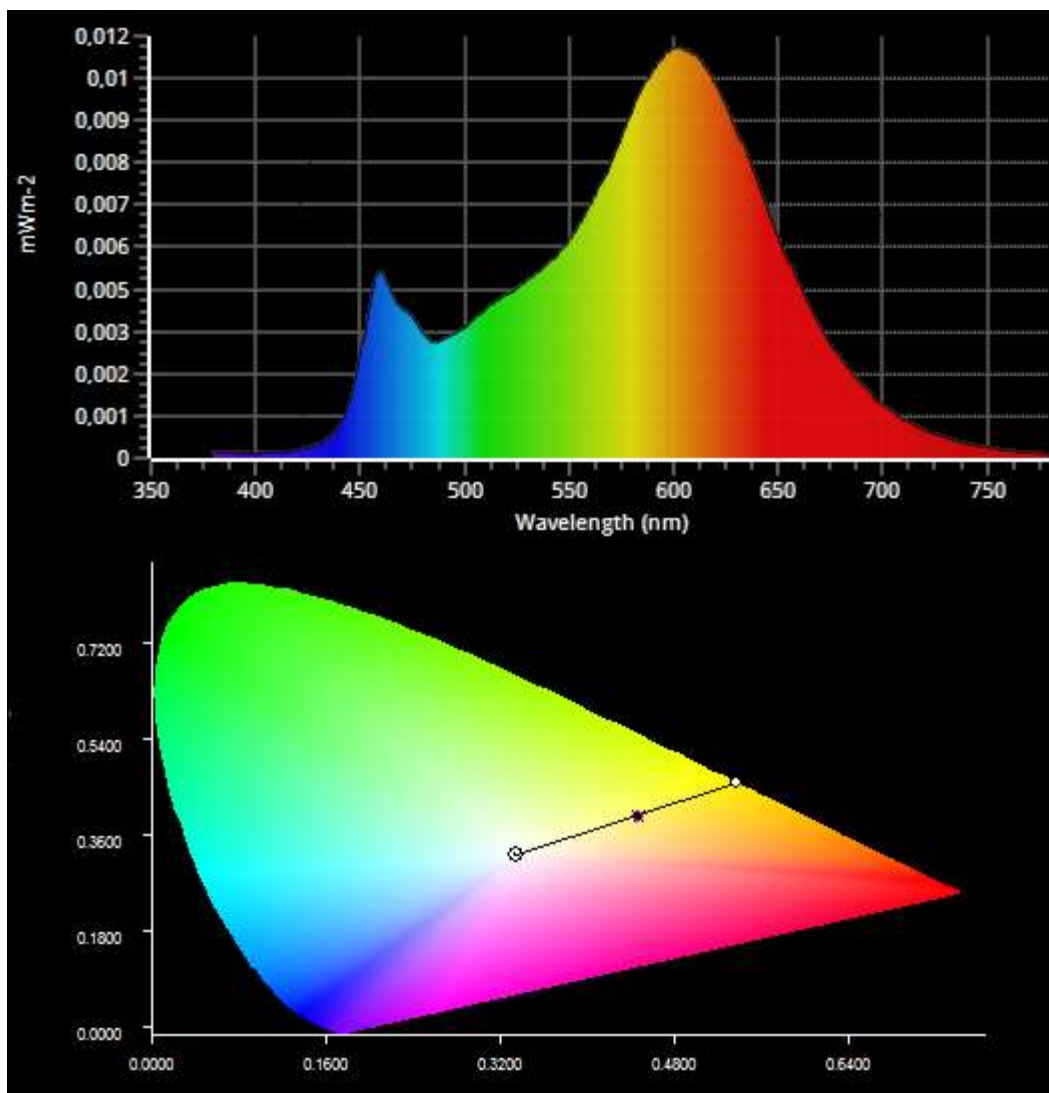
Время, ч	Координата цветности X	Координата цветности Y	Цветовая температура, К	Длина волны максимальной интенсивности, нм
0	0,4625	0,4196	2732	605
1000	0,4625	0,4195	2731	605
2000	0,4631	0,4198	2725	607



LED Peak Wavelength 602nm

Рисунок 54 – Спектр излучения лампы фирмы Uniel до начала испытаний на продолжительность горения

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата



LED Peak Wavelength 603nm

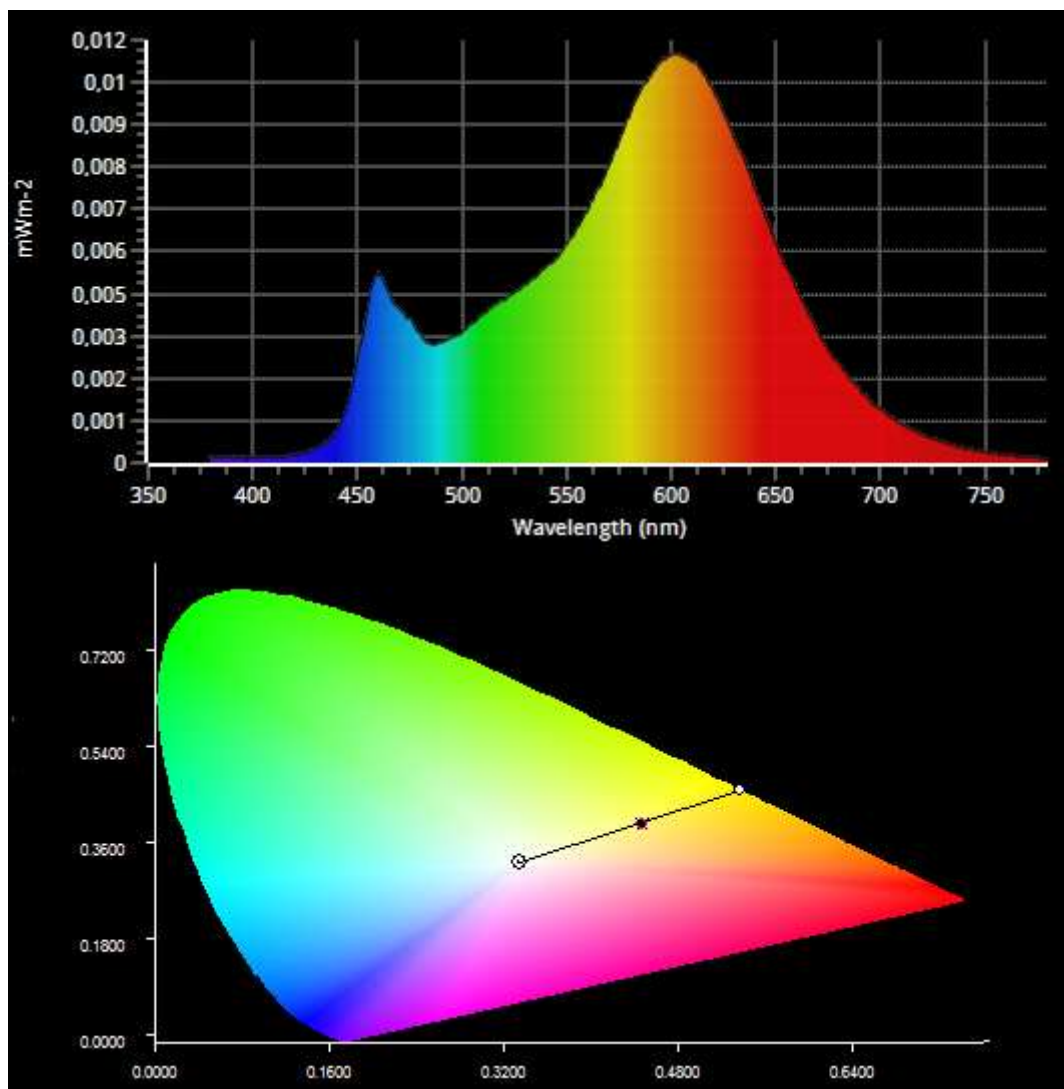
Рисунок 55 – Спектр излучения лампы фирмы Uniel
после 1000 часов горения

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата

БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20

Лист

67



LED Peak Wavelength 604nm

Рисунок 56 – Спектр излучения лампы фирмы Uniel
после 2000 часов горения

Таблица 13 – Спектральные характеристики лампы Uniel в течение продолжительности горения

Время, ч	Координата цветности X	Координата цветности Y	Цветовая температура, К	Длина волны максимальной интенсивности, нм
0	0,4446	0,4056	2888	602
1000	0,4447	0,4057	2885	603
2000	0,4457	0,4060	2873	604

Анализ спектральных характеристик светодиодных филаментных ламп различных производителей в течение продолжительности горения после 2000 ч позволил сделать следующие выводы:

- у всех исследуемых ламп координаты X и Y смещаются в красную область спектра;
- цветовая температура и длина волны максимальной интенсивности смещаются в длинноволновую область спектра.

					БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		69

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе бакалаврской работы были исследованы характеристики светодиодных филаментных ламп различных производителей:

- Feron LB-57 A60 E27 7W 2700K – Россия;
- REV LED A60 E27 7W 2700K – Германия;
- Uniel AirDIM A60 E27 7W 3000K – Россия;
- OSRAM Led Retrofit Classic A60 E27 7W 2700K – Германия;
- FORZA PLUS A60 E27 7W 2800K – Китай.

Измерения проводились в лаборатории источников оптического излучения и ПРА на стенде компании «ГалСен» и в лаборатории ЦКП «Светотехническая метрология» с использованием измерительного комплекса фирмы Gooch&Housego, включающем в себя фотометрический шар OL IS 7600 диаметром 2 м, спектрорадиометр OL 770 VIS/NIR, прецизионный источник постоянного тока OL410-200 PRECISION LAMP SOURCE для питания вспомогательной лампы, компьютер.

Для измерения кривой силы света использовался гониофотометр G0 – 2000A.

Проведенные исследования характеристик светодиодных филаментных ламп показали следующее:

- световой поток ламп снижается в течение времени стабилизации;
- мощность ламп и ток в процессе стабилизации практически не изменяются;
- время стабилизации образцов ламп FORZA составляет 7 минут, Feron и Rev – 8 минут, образцов Osram и Uniel – 9 минут;
- световой поток всех ламп значительно ниже заявленных значений, лампы Feron – 665 лм вместо 740 лм, Uniel – 497 лм вместо 700 лм, Rev – 600 лм вместо 730 лм, FORZA – 611 лм вместо 770 лм, Osram – 669 лм вместо 806 лм;

					БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		70

- мощность ламп меньше заявленного значения Uniel и Rev на 2 Вт, FORZA на 1,9 Вт, Feron на 1,7 Вт, Osram на 1 Вт;
- цветовая температура всех образцов ламп близка к заявленной;
- коэффициент пульсаций у ламп Feron, Osram, Rev, FORZA в пределах заявленного значения;
- коэффициент пульсаций у лампы Uniel составил 63,6%, что в десятки раз превышает заявленное значение, что говорит о невысоком качестве драйвера. Этот параметр не позволяет рекомендовать лампу Uniel для использования в осветительных приборах для бытового освещения согласно ГОСТ [3];
- у всех ламп формы КСС преимущественно синусные, у всех ламп наблюдается снижение светового потока в направлении оптической оси за счет конструктивного расположения филаментов внутри колбы;
- ток ламп практически не зависит от колебаний напряжения сети;
- световой поток лампы Feron практически не меняется при изменении напряжения сети в пределах $\pm 10\%$, что говорит о хорошем качестве драйвера;
- световой поток ламп FORZA и Rev практически не изменяется в пределах 210-240 В, Osram в пределах 215-235 В, при уменьшении напряжения ниже 210 снижается, у лампы Uniel световой поток линейно зависит от колебаний напряжения сети, что говорит о невысоком качестве драйвера;
- зависимость мощности от колебаний напряжения сети аналогична зависимости светового потока;
- коэффициент пульсаций лампы Rev составляет 0,2 % при $U_c = 220-240$ В, при снижении U_c до 198 В возрастает до 46,5%;
- коэффициент пульсаций лампы Osram составляет 1,1-2,3 % при $U_c = 210-240$ В, при снижении U_c до 198 В возрастает до 68,5%;

– коэффициент пульсаций лампы Feron практически не изменяется и составляет 6,1-6,2 %;

– коэффициент пульсаций лампы FORZA составляет 7,3 % при $U_c = 210-240$ В, при снижении U_c до 198 В возрастает до 46,5%.

Проведенные испытания ламп на продолжительность горения до 2000 ч показали следующее:

– коэффициент сохранения светового потока лампы Feron составил 93,4%, Osram – 98,8%, Uniel – 97 %, Rev – 98,7%, FORZA – 97,9%.

Согласно ГОСТ [1] эти лампы по коэффициенту сохранения светового потока условно можно отнести к категории А;

– коэффициент пульсаций после 2000 ч горения ламп LED-7 (REV) и LED STAR-7 (OSRAM) соответствует заявленному значению, у ламп Feron LB-7 составил 6,1%, FORZA PLUS-7 – 7,4%, что выше заявленного значения, у лампы AIRDIM-7 (Uniel) – 72,9%;

– у всех исследуемых ламп координаты X и Y смещаются в красную область спектра;

– цветовая температура и длина волны максимальной интенсивности смещаются в длинноволновую область спектра.

Ни одна из исследованных ламп не выдержала испытания на соответствие значениям характеристик, заявленных производителем, поэтому они не могут быть рекомендованы для использования в осветительных приборах для бытового освещения.

Таким образом, задачи, поставленные в бакалаврской работе, выполнены полностью.

По результатам работы сделаны доклады на семинаре «Круглый стол» и научной конференции XLVIII Огаревские чтения.

Результаты работы могут быть использованы в учебном процессе, а также в качестве критериев выбора источников света для использования в светильниках для бытового освещения.

					БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		72

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ Р 54815-2011/IEC/PAS 62612:2009 Лампы светодиодные со встроенным устройством управления для общего освещения на напряжения свыше 50 В. Эксплуатационные требования. Введ. 2012-07-01. – М. : Стандартинформ, 2012. – 11 с.

2 ГОСТ Р 55702 – 2013. Источники света электрические. Методы измерения электрических и световых параметров. – Введ. 2014–07–01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 43 с.

3 ГОСТ Р 55710 – 2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Введ. 08.11.2013. – М.: Стандартинформ, 2014. – 15 с.]

4 Кристалл на стекле: преимущества использования символьных COG-дисплеев Winstar [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.compel.ru/lib/75092> – Загл. с экрана.

5 Лисма.Каталог [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://lisma.su/katalog-produktsii/lampy/index.html> – Загл. с экрана

6 Микаева С. А. Комплекс современного исследовательского оборудования для световых измерений / С. А. Микаева, О. Е. Железникова, Л. В. Сеницына // Автоматизация и современные технологии. – 2012. – № 12. – С. 33 – 36.

7 Наиболее популярные виды и типы светодиодных ламп [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://leds-test.ru/naibolee-populyarnye-vidy-i-tipy-svetodiodnyh-lamp/> – Загл. с экрана

8 РУСЛЕД.Каталог [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://xn--80aaa5amhbph5a2d.xn--p1ai/katalog/> – Загл. с экрана

9 Светодиодная лампа: устройство и принцип работы. [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения об устройстве светодиодной лампы и основных частей конструкции и их принцип действия. Режим доступа: <http://forum220.ru/led-construction.php> – Загл. с экрана

					БР – 02069964 – 11.03.04 – 17 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		73

10 Технические условия. ТУ 3460-002-99981859-2016. Лампы светодиодные, филаментные направленного света.

11 Устройство светодиодной лампы и принцип ее работы [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения об устройстве светодиодной лампы и принцип ее работы. Режим доступа: <http://electricdoma.ru/kak-eto-ustroeno/kak-ustroena-svetodiodnaya-lampa-i-printsip-ee-raboty/> – Загл. с экрана

12 Филаментная лампа: устройство и принцип работы. [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения об устройстве светодиодной филаментной лампы и основных частей конструкции и их принцип действия. Режим доступа: <https://svetomotr.ru/7-sekretov-svetodiodnoj-filamentnoj-lampochki-preimushhestva-i-nedostatki/> – Загл. с экрана

13 Филаментная лампа: устройство и принцип работы. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://elite-stroydom.ru/eksterer/filamentnye-lampy-preimushhestva-i-primeneniye> – Загл. с экрана

14 Центр коллективного пользования научным оборудованием «Светотехническая метрология». [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://mrsu.ru/ru/sci/labs.php?ELEMENT_ID=57865&sphrase_id=2428544 – Загл. с экрана

15 Что такое филаментные лампы и где они применяются. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://220.guru/osveshhenie/istochniki-sveta/filamentnye-svetodiodnye-lampy.html> – Загл. с экрана

16 Эволюция источников света [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://shine.ru/company/blog/istoriya-sozdaniya-lamp/> – Загл. с экрана

17 Feron.Каталог [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://feron.ru/lampy/svetodiodnye-lampy/svetodiodnye-lampy-tsokol-e14-e27-e40/lampa-svetodiodnaya-6led-7w-230v-e27-2700k-lb-57/> – Загл. с экрана

18 FORZA.Каталог [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://FORZA-plus.ru/catalog/istochniki-sveta/lampy-energoberegayushchie-i-svetodiodnye/lampa-svetodiodnaya-g45-5w-e27-400lm-2700k/> – Загл. с экрана

19 LED освещение, светодиодные чипы и компоненты [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения об светодиодных лампах, драйверах питания, светодиодах, светодиодные модули и все для освещения. Режим доступа: <http://www.cree.com/led-components/products/xlamp-leds-discrete/xlamp-xh-g> – Загл. с экрана

20 Maxus.Каталог [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://maxus.com.ua/ru/svetodiodnye-lampy.html> – Загл. с экрана

21 Osram.Каталог [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://clck.ru/NaPSc/> – Загл. с экрана

22 Philips.Каталог [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://clck.ru/NpsW8> – Загл. с экрана

23 Rev.Каталог [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://rev.ru/catalog/filamentnye-led-lampy/svetodiodnaya-lampa-filament-grusha-7w/> – Загл. с экрана

24 UNIEL.Каталог [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://uniel.ru/catalog/6542> – Загл. с экрана

25 VFD filament driver [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.eevblog.com/forum/beginners/vfd-filament-driver/> – Загл. с экрана