

**Ирина Леонидовна Лившиц, Марина Валерьевна
Летуновская, Антон Александрович Филатов**

Неизображающие оптические системы

**Методика расчёта линзовых систем для
сигнальных устройств**

УДК 53
ББК 22.3
И80

И80 **Ирина Леонидовна Лившиц**
Неизображающие оптические системы: Методика расчёта линзовых систем для сигнальных устройств / Ирина Леонидовна Лившиц, Марина Валерьевна Летуновская, Антон Александрович Филатов – М.: Lennex Corp, — Подготовка макета: Издательство Нобель Пресс, 2013. – 64 с.

ISBN 978-5-518-16176-4

В связи с бурным развитием светодиодных (LED) технологий в последнее десятилетие нашего века, оптические системы, использующие LED в качестве источников света, стали весьма актуальными. Особое место среди этих систем занимают неизображающие оптические системы для различных осветителей. при этом почти каждая система становится инновационным решением, привносящим в данную область новейшие идеи и разработки. Работа коллектива авторов относится к сфере проектирования неизображающих оптических систем, которые , используются во всех сферах жизни человека.

Книга предназначена для инженеров-оптиков, а также специалистов в области осветительных систем. Настоящее издание может использоваться как учебник для студентов ВУЗов и техникумов указанных выше специальностей.

Выполнено в рамках Контракта Минобрнауки 11.519.11.6014

ISBN 978-5-518-16176-4

© Издательство Нобель Пресс, 2013
© Ирина Леонидовна Лившиц, 2013

Содержание

Неизображающие оптические системы.....	1
Методика расчёта линзовых систем для сигнальных устройств	1
Содержание	3
Введение	4
Глава 1. Анализ предметной области и состояние вопроса	6
Глава 2. Классификация оптических схем светофоров для РЖД.....	9
Глава 3. Программное обеспечение для расчета неизображающих оптических систем. Основные понятия и определения	14
Глава 4. Разработка методики расчета и разработки дополнительной линзы для светофора для РЖД	18
4.1 Теоретические основы расчета рассеивателя и их адаптация к проектированию современных оптических систем рассеивателей для РЖД.	18
4.2. Алгоритм расчета рассеивателя	35
4.2.1 Задание источников света (на примере Zemax).....	35
4.2.2 Задание линз (ступенчатых и светофильтров).....	37
4.2.3. Трассировка лучей через систему линз и определение расчетной кривой силы света	40
4.2.4. Задание расчетной модели рассеивателя	45
4.2.5. Трассировка лучей через систему линз рассеивателя и определение расчетной кривой силы света	46
4.2.6 Оптимизация профиля рассеивателя	51
Рисунок 4.2.6.1 - Оптимизация профиля рассеивателя.....	53
4.3. Расчет рассеивателя для РЖД	54
4.3.1 Расчет системы предрассеивателя	54
4.3.2. Расчет существующей системы светофора с рассеивателем	56
4.3.3. Расчет пластикового рассеивателя по ТЗ. Варианты.	58
4.3.4 Анализ влияния остаточных напряжений в отливке рассеивателя при помощи линки Moldex 3D – CodeV	59
Заключение.....	65
Список литературы.....	66

Введение

Целью работы являются прикладные исследования, направленным на создание методики проектирования оптических систем для светофоров для РЖД и их расчету.

Для реализации цели решаются следующие задачи:

1. Создание теоретических основ и разработка методик проектирования оптических систем для светофора для РЖД.
2. Расчет оптической системы светофора по разработанной методике.

Реализация этих задач при которых эти системы могут быть эффективно использованы весьма актуальны, поскольку ранее работы в этом направлении носили случайный характер, а потребность создания таких оптических систем год от года увеличивается.

Одновременно с процессом развития информационных технологий, обеспечивающих создание современного программного обеспечения, появляется возможность компьютерного моделирования современных систем светофоров для РЖД до их изготовления. В работе нами использованы программы ведущих производителей Zemax, Light Tools и Moldex 3D.

Наряду с теоретическими исследованиями в работе представлены практические расчеты светофоров для РЖД.

Проектирование оптических систем светофоров для РЖД осуществляется на основе опыта разработчиков НИУ ИТМО лаборатории АПОИ и ЭС с применением современного программного обеспечения для расчета неизображающих оптических систем.

Необходимым этапом процесса проектирования является учет особенностей материала и технологии производства рассеивателей из пластика.

При анализе существующих решений рассмотрены и проанализированы известные схемы светофоров и выявлены их достоинства и недостатки. Результаты работы предполагается использовать при проектировании новых типов систем светофоров и модернизации существующих устройств.

Глава 1. Анализ предметной области и состояние вопроса

Проанализируем предметную область исследования. Рассмотрим основные понятия и определения, связанные с железнодорожным светофором.

Основная функция светофора для РЖД заключается в контроле распределения силы света от источника света по заданным направлениям.

Железнодорожный светофор — устройство для видимой сигнализации на железных дорогах, подающее сигналы в любое время суток только светом огней (а именно, цветом, миганием, числом, расположением огней). Как правило, показание светофора предназначено для членов локомотивной бригады или водителя подвижного состава, а сам светофор, за исключением локомотивного светофора, является напольным устройством. Железнодорожные светофоры предназначены для регулирования движения поездов, маневровых составов, а также регулирования скорости роспуска с сортировочной горки. Также светофоры или дополнительные световые указатели могут информировать машиниста о маршруте или как-либо ещё конкретизировать показание. В связи с общим сходством как по назначению, так и по конструкции, к железнодорожным можно относить и светофоры метрополитенов и легкорельсового транспорта [2].

Железнодорожная светофорная сигнализация — часть сигнализации на железных дорогах и подобном рельсовом транспорте, выполненная на основе железнодорожных светофоров. Имея в целом конструктивно и внешне сходные светофоры, разные системы рельсового транспорта используют различные системы значений (показаний), то есть приказов машинисту (водителю подвижного состава), обладающих разным смыслом, и различные системы передачи показаний в виде зрительного образа [2].

По эксплуатационным свойствам основное отличие типичного железнодорожного светофора от большинства светофоров на

автомобильных дорогах (уличных) — гораздо более узкая направленность основного луча, поскольку в большинстве случаев показание светофора предназначено только для машиниста подвижного состава, находящегося на каком-то одном участке пути. Также отличие заключается в том, что однозначное восприятие показания светофора на железной дороге должно происходить на больших расстояниях — порядка 0,8-1,5 км, что практически исключает использование каких-либо фигур или силуэтов в пределах одного огня.

Как правило, в любой железнодорожной светофорной сигнализации в целом требуется достаточно много различных показаний, а количество возможных для применения цветов очень ограничено — как правило, от 3 до 6 (причём 6 — уже на пределе возможностей человека по восприятию цветов в достаточно сложных условиях видимости), поэтому, как правило, использование только 1 огня какого-либо цвета в масштабе всей системы сигнализации оказывается невозможным. На железных дорогах мира применяются светофоры, выражающие сигнал либо только взаимным расположением огней, либо только их цветом (и часто также миганием), либо как цветами, так и расположением, причем системы сигнализации могут быть как простыми, так и очень сложными для изучения и восприятия [2].

Цвета, применяемые в светофорной сигнализации России, называются так: красный, жёлтый, зелёный, лунно-белый, синий.

Традиционно в светофорах в качестве источника света применялась лампа накаливания, причём из-за требования узкой фокусировки луча нить лампы должна быть короткой, а поэтому обычно применяют низковольтные лампы — 12-вольтовые, весьма похожие на старые лампы фар автомобилей или лампы диапроекторов. Также такие лампы более устойчивы к многократным включениям и выключениям, что важно при мигании, к вибрациям. В России используются двухнитевые лампы: одна

нить основная со сроком службы 2000 часов, другая резервная со сроком службы 300 часов, включается управляющей схемой при перегорании основной. Также в последнее время стали применяться светодиодные светофоры. Но на сети железных дорог они не получили большого распространения. Ламповые светофоры, способные передавать показания разных цветов, конструктивно выполняли чаще всего 2 типов: т. н. линзовые и прожекторные.

В России, как и в мире в целом, наиболее распространены линзовые светофоры (англ. *colorlight signal*). Они имеют для каждого отдельного сигнального огня отдельный комплект, состоящий из патрона с лампой (и часто — системы для настройки фокусировки при установке), и линзового комплекта, состоящего из нескольких линз (обычно ступенчатых и выпуклых для возможно лучшего использования светового потока) и светофильтров соответствующего цвета. В России линзовый комплект состоит из внутренней ступенчатой цветной линзы-светофильтра и наружной бесцветной ступенчатой линзы. Основные недостатки такого устройства — относительно низкая экономичность (мощность лампы накаливания там обычно составляет 25 Вт, также встречаются лампы мощностью 15 и 35 Вт) из-за плохого использования светового потока (всего 25-30 %), и также возможность смещения показаний при попадании солнечных лучей в линзовые комплекты (из-за этого невозможно применять зеркала, которые сильно улучшили бы использование светового потока) [2].

Глава 2. Классификация оптических схем светофоров для РЖД

В рамках создания методики расчета дополнительной линзы для светофора для РЖД была разработана классификация оптических схем светофоров для РЖД. В основу классификации были положены материалы ГОСТ Р 53784-2010.

Рассмотрим основные типы оптических элементов световых сигналов приборов железнодорожного транспорта, применяемых в мачтовых светофорах. (таблица 2.1)

Таблица 2.1 Типы оптических элементов мачтового светофора [12]

Обозначение типа оптического элемента	Наименование типа оптического элемента	Область применения
ЛС-212	Линза ступенчатая	Указатели маршрутные, фонари сигнальные, светофоры линзовые, зеленые светящиеся полосы
СЛ 139	Светофильтр-линза	Светофоры линзовые
P1-10, P1-20, P1-30, P2-5-25, P2-14-14, P2-30-40,	Рассеиватель односторонний	Светофоры линзовые, устанавливаемые в кривых участках пути, зеленые светящиеся полосы, светофоры для железнодорожных переездов

Основные параметры линзы ступенчатой ЛС-212 представлена на рис. 2.1 и в таблице 2.2:

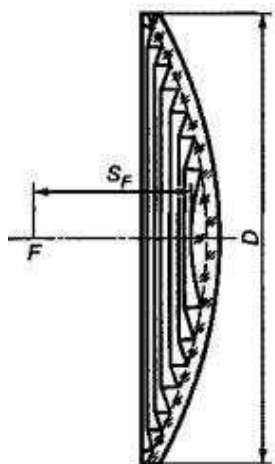


Рисунок 2.1 - Линза ступенчатая ЛС-212 [12]

Таблица 2.2 Основные параметры Линзы ступенчатой ЛС-212

Обозначение линзы	D	S_F
ЛС 212	$212^{+0,2}_{-0,7}$	130 ± 4

Основные параметры светофильтра-линзы представлены на рис 2.2 и в таблице 2.3

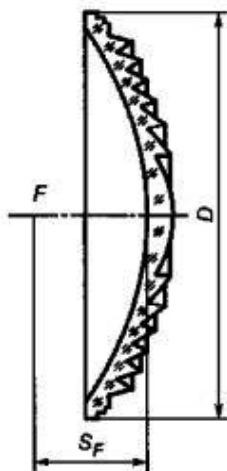


Рисунок 2.2 - Светофильтр-линза СЛ 139 [12]

Таблица 2.3 Основные параметры Светофильтра-линзы СЛ 139 [12]

Обозначение светофильтра-линзы	D	S_F
СЛ 139	$139^{+0,2}_{-0,5}$	74 ± 4

Взаимное расположение линзы и светофильтра-линзы в комплектах

линз, а также передний фокальный отрезок комплектов должны соответствовать указанным на рисунке 2.3

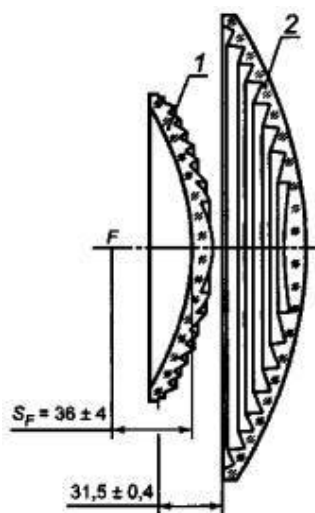
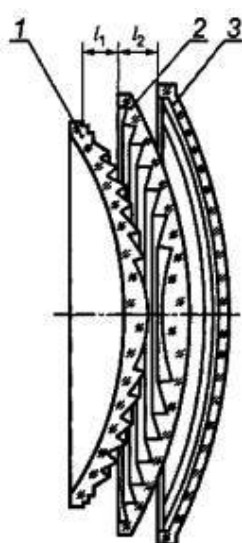


Рисунок 2.3 – Взаимное расположение линзы и светофильтра-линзы [12]

Взаимное расположение рассеивателей и комплектов линз приведено на рисунке 2.4 и в таблице 2.4



1 - светофильтр-линза СЛ 139; 2 - линза ЛС 212; 3 - рассеиватель

Рисунок 2.4 - Комплект линз с рассеивателем [12]

Таблица 2.4 Взаимное расположение рассеивателя и комплекта линз [12]

Обозначение комплекта линз	l_1	l_2
КЛИМ 212	$31,5 \pm 0,4$	25 ± 1

Рассмотрим основную классификацию системы линз для мачтового светофора в рамках методики (рис. 2.5)



Рисунок 2.5 – Классификация системы линз для мачтового светофора

В рамках данной методики рассматривается расчёт рассеивателя Р1-30, изготовленного из поликарбоната Bayer Makrolon 2807.

Форма, основные параметры и размеры рассеивателей типа Р должны соответствовать указанным на рисунке 2.5 и в таблице 2.5.